

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2006/2007  
*Second Semester Examination  
Academic Session 2006/2007*

April 2007

**EBB 406/3 – Pemilihan Bahan**  
***EBB 406/3 – Materials Selection***

Time : 3 hours  
*Masa : 3 jam*

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA PULUH SATU muka surat yang bercetak dan DUA muka surat LAMPIRAN sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi TIGA soalan dari BAHAGIAN A dan TIGA soalan dari BAHAGIAN B.

Jawab LIMA soalan. Jawab DUA soalan dari BAHAGIAN A, DUA soalan dari BAHAGIAN B 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.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Semua soalan boleh dijawab dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

*Please ensure that this paper consists of TWENTY ONE printed pages and TWO pages APPENDIX before you proceed with the examination.*

*This question paper contains THREE questions from PART A and THREE questions from PART B.*

*Answer FIVE questions. Answer TWO questions from PART A, TWO questions from PART B and ONE questions from any part. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.*

*Answer to each and every question must start on a new page.*

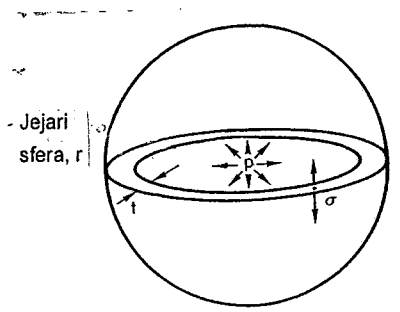
*All questions could be answered in Bahasa Malaysia or English.*

**BAHAGIAN A:**

1. [a] Badan pesawat dan tangki minyak roket adalah dua contoh kebuk tekanan yang mesti mempunyai keringanan. Tegasan pada dinding kebuk adalah: (Lihat Rajah 1)

$$\sigma = \frac{pr}{2t} \quad \dots\dots\dots(1)$$

di sini  $r$  adalah jejari kebuk tekanan dan ditetapkan oleh reka bentuk  
 $t$  adalah ketebalan dinding kebuk  
 $p$  adalah tekanan pada dinding



Rajah 1

Untuk memastikan keselamatan,  $\sigma \leq \sigma_y/S$  .....(2)  
 di sini  $S$  adalah faktor keselamatan.

Susun bahan yang disenarai berikut mengikut turutan bermula dengan yang paling ringan.

BAHAN	KEKUATAN ALAH, $\sigma_y$ (MN/m <sup>2</sup> )	KETUMPATAN, $\rho$ (Mg/m <sup>3</sup> )
Konkrit tetulang	200	2.5
Keluli aloi (keluli kebuk tekanan)	1000	7.8
Keluli lembut	220	7.8
Aloi aluminium	400	2.7
Fibreglass	200	1.8
CFRP	600	1.5

(40 markah)

- [b] (i) Apakah contoh kegunaan kebuk tekanan yang tidak menitikberatkan keringanan?
- (ii) Seandainya masalah ini diselesaikan dengan kaedah Ashby (menggunakan Carta Sifat Bahan), apakah kamu akan sampai kepada pilihan yang sama?
- (iii) Apakah langkah yang kamu lakukan untuk meminimumkan senarai subset bahan yang dipilih?

(60 markah)

2. [a] Bincangkan perbezaan yang diperhatikan berhubung kekonduksian haba dalam bahan logam, polimer dan seramik. Perbincangan kamu seharusnya meliputi bahan pejal dan bahan busa.

(40 markah)

- [b] Pada masa kini penjimatan tenaga merupakan salah satu daripada isu yang mendapat perhatian manusia sejagat. Sebagai contoh, terdapat berbagai kaedah untuk memerangkap haba bagi tujuan pemanasan air di tempat-tempat kediaman, iaitu menggunakan sel solar, penukar haba terisi cecair dan tangki simpan haba pepejal. Di antara ini, yang paling mudah adalah dinding simpan haba, iaitu suatu dinding tebal yang permukaan luarnya dipanaskan oleh dedahan kepada sinaran terus matahari sewaktu siang, dan dari sini haba dikeluarkan pada waktu malam secara meniup udara pada permukaan dalaman (lihat Rajah 2). Keperluan utama skema seumpama ini ialah tempoh malar bagi pengaliran haba pada dinding adalah sekitar 12 jam. Dari sini dinding mula memanaskan pada permukaan dalaman sekitar 12 jam selepas matahari mula memanaskan permukaan luar. Andaikan dinding mesti tidak lebih daripada 0.5m tebal, apakah bahan yang paling sesuai untuk memaksimumkan haba yang diperangkap oleh dinding?

Untuk makluman anda, kandungan haba per unit luas dinding bila dipanaskan merentasi suatu cerunan suhu  $\Delta T$  adalah:

$$Q = w \rho c_p \Delta T \quad (1)$$

di sini  $w$  adalah ketebalan dinding

$\rho c_p$  adalah haba spesifik isipadu

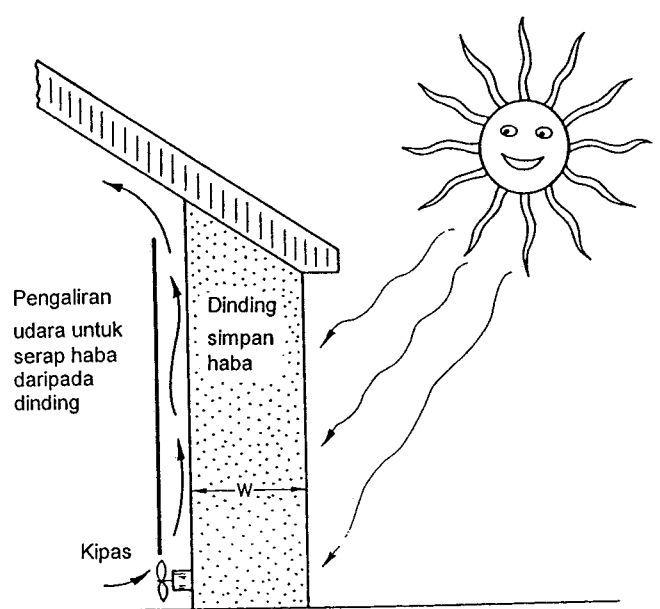
Pemalar masa 12 jam adalah suatu kekangan. Ianya telah ditentu nilai secara anggaran (guna hukum pertama Fourier)

$$w = \sqrt{2at} \quad (2)$$

di sini  $a$  adalah kemeresapan terma

$t$  adalah masa

anda boleh guna hakikat  $a = \frac{\lambda}{\rho c_p}$



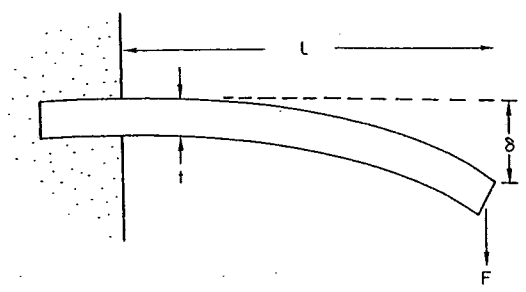
Rajah 2

(60 markah)

...6/-

3. [a] Terbitkan indeks prestasi sesuatu komponen/produk dengan merujuk khas kepada pemegang raket tenis. Ini boleh diibaratkan sebagai suatu rasuk julur (panjang  $l$  ditetapkan) yang boleh menahani daya  $F$  tanpa memesonng lebih daripada suatu nilai,  $\delta$ . Jelas ianya perlu mempunyai mempunyai berat yang minimum. Andaikan ianya adalah suatu rasuk segi empat sama yang mempunyai tebal  $t$  (suatu pembolehubah) yang ditetapkan pada suatu hujung manakala daya  $F$  dikenakan pada hujung yang satu lagi (lihat Rajah 3). Pesongan kenyal diberi sebagai:

$$\delta = \frac{4l^3 F}{Et^4} \dots\dots\dots (1)$$



Rajah 3

(40 markah)

- [b] Bincangkan bagaimana perkembangan teknologi semasa mempengaruhi pemilihan bahan dan reka bentuk sesuatu produk.

(60 markah)

**BAHAGIAN B:**

4. [a] Akibat masalah pencemaran dari penggunaan minyak petrol dan diesel, serta penyusutan jumlah simpanan minyak fosil dunia, hampir kesemua pengeluar kereta pada masa ini sedang berlumba-lumba untuk menghasilkan kereta menggunakan enjin tanpa minyak dengan kos yang paling minimum. Pengeluar kereta juga sentiasa mencuba untuk menghasilkan enjin berprestasi tinggi dan bahan api efisien supaya kita, pihak pengguna, mempunyai kereta yang lebih baik. Bincangkan bagaimana perubahan-perubahan ini mempengaruhi bahan yang digunakan untuk menghasilkan enjin : petrol, diesel, hibrid, dan kuasa solar atau enjin elektrik sepenuhnya. Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan bahan dalam enjin kereta ini.

(50 markah)

- [b] Rekabentuk awal untuk kenderaan kegunaan sukan mempunyai ciri-ciri yang tersenarai dalam jadual di bawah:
- (i) Buktikan dengan kiraan anda nilai faktor pemberat yang diberikan.
  - (ii) Dengan menggunakan matriks penentu pemberatan, rekabentuk yang manakah kelihatan lebih berpotensi?

Ciri	Parameter	Faktor pemberat	Rekabentuk			
			A	B	C	D
Perbatuan minyak	Batu per gelen	0.175	20	16	15	20
Julat	Batu	0.075	300	240	260	400
Keselesaian pemanduan	Rating	0.40	Buruk	Sangat baik	Baik	Sederhana
Mudah tukar ke pemanduan 4-roda	Rating	0.07	Sangat baik	Baik	Baik	Buruk
Kapasiti beban	lb	0.105	1000	700	1000	600
Kos pembaikan	Purata 5 komponen	0.175	\$700	\$625	\$600	\$500

(50 markah)



5. [a] Apakah kelebihan dan kekurangan gear plastik berbanding dengan gear logam? Bincangkan dengan ringkas bagaimana struktur dan pemrosesan bahan digunakan untuk memperbaiki prestasi.  
(30 markah)

- [b] 2 bahan sedang dipertimbangkan untuk satu aplikasi di mana kekonduksian elektrik adalah penting.

Bahan	Kekuatan kerja MN/m <sup>2</sup>	Kekonduksian elektrik %
A	500	50
B	1000	40

Faktor pemberat untuk kekuatan ialah 3 dan kekonduksian ialah 10.  
Bahan yang manakah lebih dipilih berdasarkan indeks pemberatan sifat?  
(20 markah)

- [c] Menggunakan contoh (atau contoh-contoh) yang sesuai, tunjukkan kepentingan faktor bentuk dalam pemilihan bahan. Perbincangan anda perlulah merangkumi dalam keadaan manakah kombinasi bentuk dan bahan menjadi penting.  
(50 markah)

6. [a] Dalam pencarian untuk rekabentuk yang lebih mesra alam, cawan kertas telah menggantikan cawan *Styrofoam* dalam sebahagian restoran makanan segera. Cawan-cawan kertas tidak sebaik cawan *Styrofoam* dalam penebatan haba, dan cawan kertas lazimnya menjadi terlalu panas untuk dipegang. Satu kumpulan rekabentuk sedang mencari cawan kopi pakai buang yang lebih baik. Rekabentuk yang dinilai adalah:

- (i) cawan kertas sedia ada
- (ii) cawan *styrofoam* standard
- (iii) cawan acuan-suntik kaku dengan pemegang
- (iv) cawan plastik pakai buang dwi-lapisan
- (v) cawan kertas dengan pemegang tarik-keluar
- (vi) cawan kertas dengan dinding bersel

Kesemua konsep rekabentuk ini dinilai dengan cawan kertas sedia ada sebagai piawai (*datum*).

Ciri-ciri kejuruteraan di mana cawan-cawan ini dinilai adalah :

- (i) suhu pada tangan (suhu dinding luar cawan atau pemegang)
- (ii) impak alam sekitar bahan
- (iii) keliangan dinding cawan
- (iv) kekompleksan pembuatan
- (v) cawan mudah disusun
- (vi) mudah diguna oleh pelanggan
- (vii) kehilangan suhu kopi dengan masa

Dengan menggunakan pengetahuan anda mengenai cawan kopi makanan segera, gunakan konsep Pugh pemilihan bahan untuk memilih rekabentuk yang paling menarik.

(60 markah)

[b] Bincangkan yang berikut:

- (i) Satu bahan diperlukan untuk gegelung satu relau elektrik udara yang mampu mencapai suhu sehingga 1000°C. Fikirkan apakah sifat yang mesti dipunyai oleh bahan tersebut sekiranya ia akan dijadikan gegelung dan berfungsi dengan baik didalam relau. Senaraikan fungsi dan kekangannya ; setkan objektif kepada "meminimakan kos" dan pembolehubah bebas kepada "pilihan bahan".
- (ii) Satu bahan diperlukan untuk menghasilkan gunting pejabat. Kertas adalah satu bahan yang melelas, dan gunting kadangkala tersentuh halangan keras seperti dawai kokot. Senaraikan fungsi dan kekangan; setkan objektif kepada "meminimakan kos" dan pemboleh ubah bebas kepada "pilihan bahan".

(40 markah)

List out the following materials of selection in descending order of lightness.

MATERIAL	YIELD STRENGTH, $\sigma_y$ (MN/m <sup>2</sup> )	DENSITY, $\rho$ (Mg/m <sup>3</sup> )
Reinforced concrete	200	2.5
Alloy steel (pressure vessel steel)	1000	7.8
Mild steel	220	7.8
Aluminium alloy	400	2.7
Fibreglass	200	1.8
CFRP	600	1.5

(50 marks)

- [b] (i) Cite one application of a pressure vessel which is not light.
- (ii) If this problem is solved using Ashby's method (using Materials Selection Charts), would your selection of materials be the same as that in (a)?
- (iii) What are the procedures that you would undertake to minimize your selection of materials up to a subset of materials which is comparable to the list above?

(50 marks)

2. [a] *Discuss the differences in the thermal conductivity of metals, polymers and ceramics. Your discussion should include solids as well as foams.*

*(40 marks)*

[b] *Currently, energy saving is an issue that is of global concern. As an example, there are many techniques to trap heat for water heating purposes in domestic as well as commercial buildings, such as solar cells, water-filled heat exchanger and solid heat storage tanks. Amongst these, the simplest is a heat storage wall which is a thick wall whose outer surface is heated by exposure to direct sunlight during the day, and from here heat is extracted during the night by blowing air on the internal surface (see Figure 2). The main requirement of such a scheme is the time constant for heat flow through the wall must be around 12 hours. Consequently, the wall starts to warm up on the inner surface after about 12 hours the sun starts to warm up the outer surface. Assuming that the wall must not be more than 0.5m thick, what are the materials of choice to maximize the heat trapped by the wall?*

Given:

The heat content per unit area of wall when heated through a temperature internal  $\Delta T$  is:

$$Q = w \rho c_p \Delta T \quad (1)$$

where  $w$  is the wall thickness

$\rho c_p$  is the volumetric specific heat

The 12-hour time constant is a constraint, it is adequately estimated by approximation (using Fourier first law)

$$w = \sqrt{2at} \quad (2)$$

where  $a$  is thermal diffusivity

$t$  is time

you may also use the fact that  $a = \frac{\lambda}{\rho c_p}$

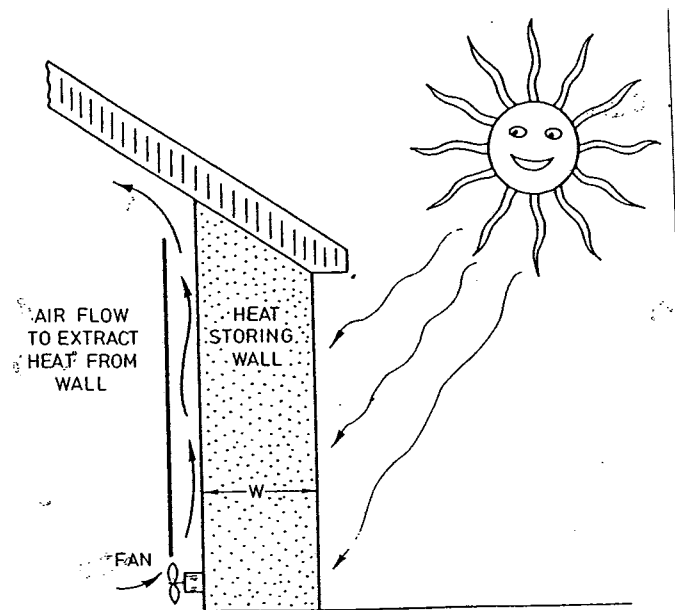


Figure 2

(60 marks)

... 16/-

3. [a] Derive the performance index of a component or product with special reference to the handle of a tennis racquet. The racquet handle can be assumed to be a cantilever beam (of fixed length  $l$ ) that can withstand a force  $F$  without deflecting more than a given amount,  $\delta$ . It is also desirable to minimize the weight. Assuming the handle is a square-section beam of thickness  $t$  (a variable) and is held rigidly at one end whilst a force  $F$  (the maximum service force) is applied to the other, as shown in Figure 3. The (elastic) deflection is:

$$\delta = \frac{4l^3 F}{Et^4} \quad \dots (1)$$

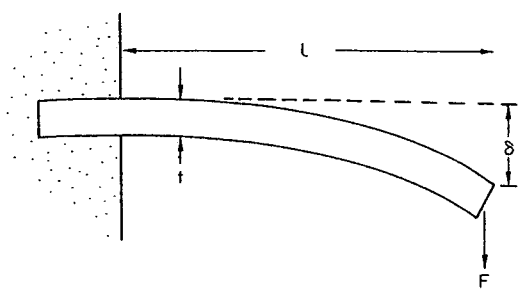


Figure 3

(40 marks)

- [b] Discuss how developments in technology affects the selection of materials and design of a particular component or product.

(60 marks)

**PART B:**

4. [a] *Due to pollution problems from using petrol and diesel fuel, and the decline of the world fossil fuel reserve, almost all car manufactures are now racing to come up with fuel free engine car at the minimum cost possible. Car manufacturers are also continuously trying to make higher performance, fuel efficient engines so that we, the consumer, have better cars to drive. Discuss how the changes affect the material used to make the engine : petrol, diesel, hybrid, and solar powered or full electric engines. What are the factors that influence the use of material in these car engines.*

*(50 marks)*

- [b] *Four preliminary designs for sport-utility vehicles had the characteristics listed in the table below:*
- (i) Prove by your calculation the values for weighting factors as listed.*
  - (ii) Using the weighted decision matrix, which design looks to be most promising?*



<i>Characteristics</i>	<i>Parameter</i>	<i>Weight factor</i>	<i>Design</i>			
			<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Gas mileage</i>	<i>Miles per gal</i>	<i>0.175</i>	<i>20</i>	<i>16</i>	<i>15</i>	<i>20</i>
<i>Range</i>	<i>Miles</i>	<i>0.075</i>	<i>300</i>	<i>240</i>	<i>260</i>	<i>400</i>
<i>Ride comfort</i>	<i>Rating</i>	<i>0.40</i>	<i>Poor</i>	<i>Very good</i>	<i>Good</i>	<i>Fair</i>
<i>Ease to convert to 4-wheel drive</i>	<i>Rating</i>	<i>0.07</i>	<i>Very good</i>	<i>Good</i>	<i>Good</i>	<i>Poor</i>
<i>Load capacity</i>	<i>lb</i>	<i>0.105</i>	<i>1000</i>	<i>700</i>	<i>1000</i>	<i>600</i>
<i>Repair cost</i>	<i>Avg. of 5 parts</i>	<i>0.175</i>	<i>\$700</i>	<i>\$625</i>	<i>\$600</i>	<i>\$500</i>

(50 marks)

5. [a] *What are the advantages and disadvantages of plastic gear compared to metal gear? Discuss briefly how material structure and processing are utilized to improve performance.*

(30 marks)

- [b] *Two materials are being considered for an application in which electrical conductivity is important.*

<i>Material</i>	<i>Working strength MN/m<sup>2</sup></i>	<i>Electrical conductance %</i>
<i>A</i>	<i>500</i>	<i>50</i>
<i>B</i>	<i>1000</i>	<i>40</i>

*The weighting factor on strength is 3 and 10 for conductance. Which material is preferred based on the weighted property index?*

(20 marks)

- [c] *Using appropriate example(s), show the importance of shape factor in material selection. Your discussion should also include in which condition does combination of shape and material become important.*

(50 marks)

6. [a] *In the search for more environmentally friendly design, paper cups have replaced Styrofoam cups in some fast-food restaurants. These cups are not as good insulators as the Styrofoam cups, and the paper cups often get too hot for the hand. A design team is in search of a better disposable coffee cup. The designs to be evaluated are:*

- (i) the current paper cup*
- (ii) a standard Styrofoam cup*
- (iii) a rigid injection-molded cup with a handle*
- (iv) a double-wall disposable plastic cup*
- (v) a paper cup with a pull-out handle*
- (vi) a paper cup with a cellular wall.*

*These design concepts are to be evaluated with the current paper cup as the datum.*

*The engineering characteristics on which the cups are evaluated are :*

- (i) temperature in the hand (temperature on the outside of cup)*
- (ii) material environmental impact*
- (iii) porosity of cup wall*
- (iv) manufacturing complexity*
- (v) ease of stacking the cups*
- (vi) ease of use by customer*
- (vii) temperature loss of coffee over time.*

*Using your knowledge of fast-food coffee cups, use the Pugh concept selection method to select the most promising design.*

*(60 marks)*

[b] *Discuss the following:*

- (i) *A material is required for the windings of an electric air-furnace capable of temperature up to 1000°C. Think out what attributes a material must have if it is to be made into windings and function properly in a furnace. List the function and the constraints; set the objective to "minimize cost" and the free variables to "choice of material".*
- (ii) *A material is required to manufacture office scissors. Paper is an abrasive material, and scissors sometimes encounter hard obstacles like staples. List function and constraints; set the objective to "minimize cost" and the free variables to "choice of material".*

*(40 marks)*

**LAMPIRAN**

