

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Course Examination During Long Vacation
Academic Session 2008/2009
*Peperiksaan Kursus Semasa Cuti Panjang
Sidang Akademik 2008/2009*

June 2009
Jun 2009

EMM 322/3 – Noise & Vibration
Hingar & Getaran

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:

ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **SEVEN(7)** printed pages, **THREE (3)** pages appendix and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** mukasurat bercetak, **TIGA (3)** mukasurat lampiran dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **ALL** questions.

*Jawab **SEMUA** soalan.*

Appendix/Lampiran :

- | | |
|--|--------------------|
| 1. Fundamental Equations in Vibration | [1 page/mukasurat] |
| 2. Figure Q4[c] : Equal Loudness Curves | [1 page/mukasurat] |
| 3. Table Q5[b] : Sound absorption coefficient | |
| Figure Q5[b] : Optimum Reverberation Time at 500 Hz | |
| Table Q5[b] : Optimum Reverberation Time T/T_{500} | [1 page/mukasurat] |

Answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Each question must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

Q1. [a] Consider the translational vibrations of a small rigid lathe along the cutting direction. A model of this system has a stiffness element $k = 20 \times 10^6$ N/m, an inertia element $m = 20$ kg, and a damping coefficient $c = 15$ kNs/m.

- (i) Determine the free response of this system for a 5 mm initial displacement and while the system is at rest.
- (ii) The time taken to reach the amplitude that is half the initial amplitude.

(60 marks/markah)

Pertimbangkan getaran peralihan sepanjang arah potongan sebuah mesin pelarik kecil. Sebuah model bagi sistem ini mempunyai unsur kekakuan $k = 20 \times 10^6$ N/m, unsur inersia $m = 20$ kg, pekali redaman $c = 15$ kNs/m.

- (i) *Tentukan sambutan bebas sistem ini bagi anjakan awal 5 mm dan bagi ketika sistem itu di dalam keadaan diam.*
- (ii) *Masa yang diambil untuk sampai kepada amplitud yang bernilai setengah dari amplitud asal.*

[b] An air compressor with a total mass of 90 kg is operated at a constant speed of 2000 rpm. The unbalanced mass is 5 kg and the eccentricity is 10 cm. The air compressor is mounted such that the damping ratio is 0.1.

- (i) Draw the free body diagram of the air compressor.
- (ii) Determine the spring stiffness the mounting must have so that only 10 percent of the unbalance force is transmitted to the foundation.
- (iii) Determine the amplitude of the transmitted force.

Sebuah pemampat udara dengan jisim keseluruhan 90 kg dijalankan pada kelajuan malar 2000 psm. Jisim tidak seimbang ialah 5 kg dan kesipian ialah 10 cm. Pemampat udara diletakkan sebegitu rupa dengan mempunyai nisbah redaman 0.1.

- (i) *Lukiskan gambarajah badan bebas bagi pemampat udara itu.*
- (ii) *Tentukan kekenyalan spring yang diperlukan oleh cagak supaya hanya 10 peratus daripada daya tak seimbang dihantarkan ke tapak.*
- (iii) *Tentukan amplitud daya yang terhantar itu.*

(40 marks/markah)

Q2. [a] A model of a BMW F 800 R motorcycle suspension system is given with the following properties: mass of motorcycle is 400 kg; mass of one wheel is 10 kg; stiffness of motorcycle spring is 10^3 N/m; and stiffness of tyre is 10^4 N/m. Ignore the mass of the motorcycle spring.

- (i) Draw free body diagram of the two degree-of-freedom system for the motorcycle**

Determine:

- (ii) the equations of motions for m_1 and m_2**
(iii) the stiffness matrix and the mass matrix
(iv) the characteristic equation of the system
(v) the natural frequencies of the system
(vi) the amplitude of vibration of motorcycle body if a harmonic force $F = \sin t$ N acts on the wheel.

Sebuah model bagi sistem gantungan motosikal BMW F 800 R diberikan dengan ciri-ciri berikut: jisim motosikal 400 kg; jisim sebuah roda 10 kg; kekakuan spring motosikal 10^3 N/m; kekakuan tayar 10^4 N/m. Abaikan jisim spring motosikal.

- (i) Lukis rajah badan bebas bagi sistem dua darjah kebebasan motosikal itu.*

Tentukan:

- (ii) persamaan-persamaan pergerakan bagi m_1 dan m_2*
(iii) matriks kekakuan dan matriks jisim
(iv) persamaan ciri sistem
(v) frekuensi-frekuensi jati sistem
(vi) Amplitud getaran jisim m_1 jika daya harmonik $F = \sin t$ N bertindak ke atas roda.

(60 marks/markah)

- [b] (i) Provide a schematic diagram of a dynamic vibration absorber (DVA).
- (ii) Sketch free body diagrams of the DVA system.
- (iii) By providing an appropriate plot, describe the principles of the DVA.
- (i) Berikan satu rajah skematik bagi sistem penyerap getaran dinamik.
- (ii) Lakarkan gambarajah jasad bebas bagi sistem (i) itu.
- (iii) Dengan memberikan plot yang sesuai, terangkan prinsip-prinsip penyerap getaran dinamik.
- (40 marks/markah)

- Q3. [a] A measurement of acoustic pressure is shown in Figure Q3[a]. If the wave that travelling in air is represented as $p(x,t) = Ae^{j(\omega t - kx)}$, determine the amplitude A , angular velocity ω , wave number k , wavelength λ and the sound pressure level (SPL).

Satu pengukuran tekanan akustik ditunjukkan dalam Rajah S3[a]. Jika gelombang itu bergerak dalam udara diwakilkan sebagai $p(x,t) = Ae^{j(\omega t - kx)}$, tentukan amplitud A , halaju sudut ω , nombor gelombang k , panjang gelombang λ dan paras tekanan bunyi (SPL).

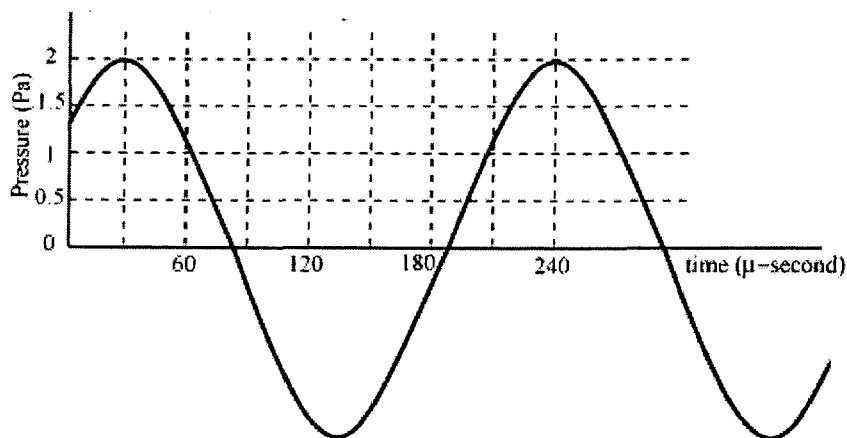


Figure Q3[a]
Rajah S3[a]

(50 marks/markah)

- [b] A simplified scheme for sound power measurement is shown in Figure Q3[b]. The source of sound is enclosed in an imaginary cube of the side dimension 1.5 m. It is assumed that all of the sound energy escapes the cube in the form of plane wave propagating in a direction normal to each face, as indicated for one face with sound pressure level (SPL) measurement of 70 dB on the drawing. If the SPL measurements on the other faces are 78, 72, 85 and 67 dB, determine the total sound power emitted by the source.

Rajah S3[b] menunjukkan skema yang dimudahkan bagi satu pengukuran kuasa bunyi. Sumber bunyi tertutup diletakkan dalam kiub khayalan berdimensi sisi 1.5 m. Seperti yang ditunjukkan pada satu permukaan kiub dalam rajah di mana pengukuran paras tekanan bunyi ialah 70 dB, anggapan dibuat bahawa semua tenaga bunyi keluar dari kiub dalam bentuk gelombang satah yang bergerak pada arah normal dengan permukaan. Jika paras tekanan bunyi pada permukaan lain adalah 78, 72, 85 dan 67 dB, tentukan jumlah kuasa bunyi yang dihasilkan oleh sumber.

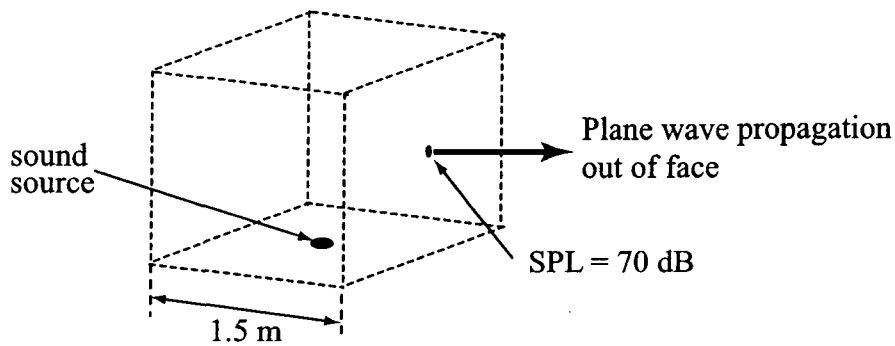


Figure Q3[b]
Rajah S3[b]

(50 marks/markah)

- Q4. [a] If L_{pt} represents the total (background + source) sound pressure level, L_{ps} represents the source sound pressure level and L_{pb} represents the total background sound pressure level, derive an equation for background noise subtraction.**

Jika L_{pt} mewakili jumlah (latar belakang + sumber) paras tekanan bunyi, L_{ps} mewakili paras tekanan bunyi sumber dan L_{pb} mewakili jumlah paras tekanan bunyi latar belakang, terbitkan persamaan untuk penolakan hingar latar belakang.

(40 marks/markah)

- [b] Determine the sound pressure level at a point due to a particular machine, if at the point, $L_p = 85$ dB with the machine off and 94 dB with the machine operating.**

Tentukan paras tekanan bunyi pada satu titik yang disebabkan oleh sebuah mesin tertentu, jika pada titik tersebut, $L_p = 85$ dB dengan mesin dimatikan dan 94 dB apabila mesin beroperasi.

(20 marks/markah)

- [c] Explain the relation between hearing sensitivity and sound frequencies based on equal loudness curves in Appendix 2.**

Huraikan hubungan antara kepekaan pendengaran dan frekuensi bunyi berdasarkan lengkungan sama kenyaringan pada Lampiran 2.

(40 marks/markah)

- Q5. [a] Based on the analysis of the direct and reverberant fields, the root mean square sound pressure at a distance r from the source is given by**

$$p_{rms}^2 = W \rho_0 c_0 \left(\frac{4}{R} + \frac{Q}{4\pi r^2} \right), \text{ where } W \text{ is sound power from the source, } \rho_0 c_0$$

is the characteristic impedance, Q is directivity factor and R is room constant. Using this equation, derive an expression of the sound pressure level in terms of the sound power level. Also, explain two important observations from the derived expression.

Berdasarkan analisis medan terus dan medan gema, tekanan punca min kuasa dua bunyi pada jarak r dari sumber diberikan oleh

$$p_{rms}^2 = W \rho_0 c_0 \left(\frac{4}{R} + \frac{Q}{4\pi r^2} \right), \text{ dimana } W \text{ ialah kuasa bunyi dari sumber, } \rho_0 c_0$$

ialah impedans ciri, Q ialah faktor pengarahan dan R ialah pemalar ruang. Menggunakan persamaan ini, terbitkan ungkapan paras tekanan bunyi dalam sebutan paras kuasa bunyi. Seterusnya, terangkan dua pemerhatian penting daripada ungkapan yang diterbitkan.

(40 marks/markah)

[b] A $(10 \times 25 \times 4) \text{ m}^3$ room has to be used as a lecture room for 200 people. It has two 4 m^2 doors made of thick wood, and 16 glass windows that always open with size of 1.5 m^2 each. Other surfaces are made from concrete. (See Appendix 3)

- (i) Explain what is reverberation time.
- (ii) Determine the reverberation time for 1000 Hz.
- (iii) Explain whether the room is suitable for lecture if there is no acoustic correction.

Sebuah bilik berukuran $(10 \times 25 \times 4) \text{ m}^3$ akan digunakan sebagai bilik kuliah untuk 200 orang. Ada 2 pintu daripada papan tebal berukuran 4 m^2 setiap satu dan 16 tingkap cermin yang sentiasa dibuka berukuran 1.5 m^2 setiap satu. Permukaan-permukaan lain adalah daripada konkrit. (Lihat Lampiran 3)

- (i) *Terangkan apa itu masa gemaan.*
- (ii) *Tentukan masa gemaan bagi 1000 Hz.*
- (iii) *Nyatakan sama ada bilik ini sesuai untuk syarahan jika tiada pembetulan akustik dilakukan.*

(60 marks/markah)

Vibration-related Formulas

$$1. \quad \zeta = \frac{c}{2\omega_n m}$$

$$2. \quad x(t) = e^{-\zeta\omega_n t} (A_1 \cos(\omega_d t) + A_2 \sin(\omega_d t))$$

$$3. \quad \omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n$$

$$4. \quad x_p = X \sin(\omega t - \varphi), \quad X = \frac{F_0 / k}{\left((1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2 \right)^{1/2}}, \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{2\zeta r}{1 - r^2}$$

$$5. \quad \frac{F_T}{kY} = r^2 \left[\frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2} \right]^{1/2}$$

$$6. \quad TR = \left[\frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2} \right]^{1/2}$$

$$7. \quad \frac{mX}{m_0 e} = \frac{r^2}{\left[(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2 \right]^{1/2}}$$

$$8. \quad A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

$$9. \quad \det(A) = ad - bc$$

$$10. \quad \delta = \frac{Px^2}{6EI} (3L - x)$$

$$11. \quad \delta = \frac{wx^2}{24EI} (x^2 - 4Lx - 6L^2)$$

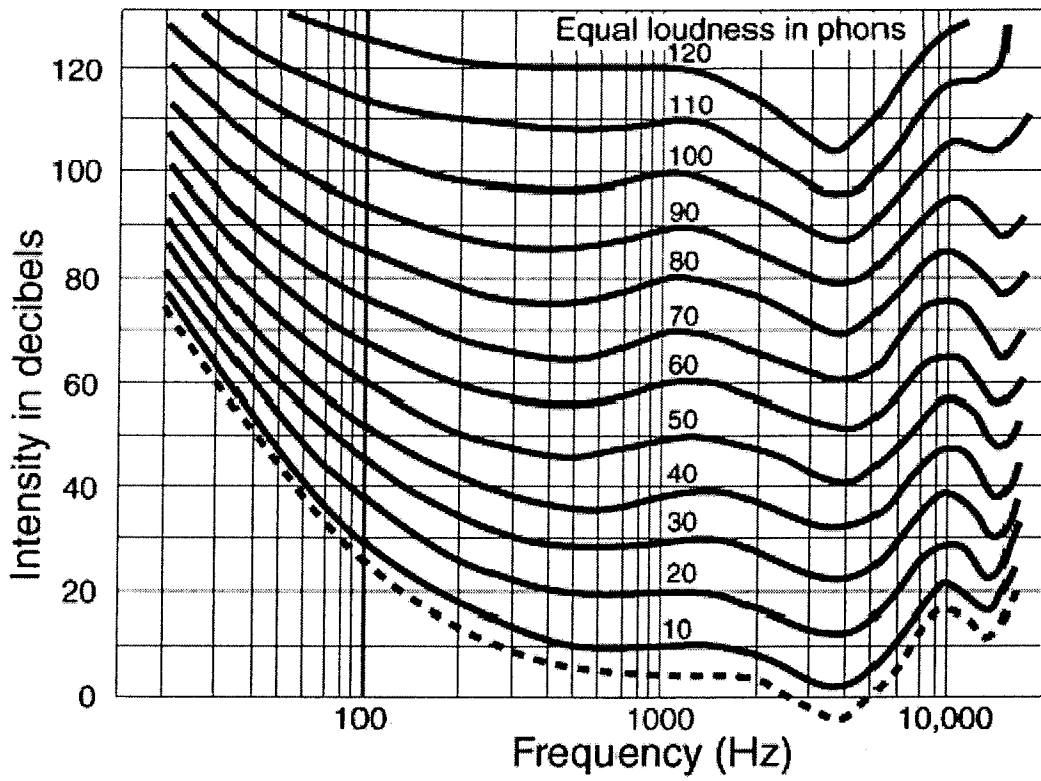


Figure Q4[c]: Equal Loudness Curves
Rajah S4[c]: Lengkungan Sama Nyaring

LAMPIRAN 3

Table Q5[b] Sound absorption coefficient
Jadual S5[b] Pekali penyerapan bunyi

Bahan	Pekali penyerapan α		
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Konkrit	0.01	0.02	0.02
Papan tebal	0.18	0.10	0.07
Cermin	0.06	0.04	0.03
Orang dengan kerusi kayu	0.15	0.40	0.45

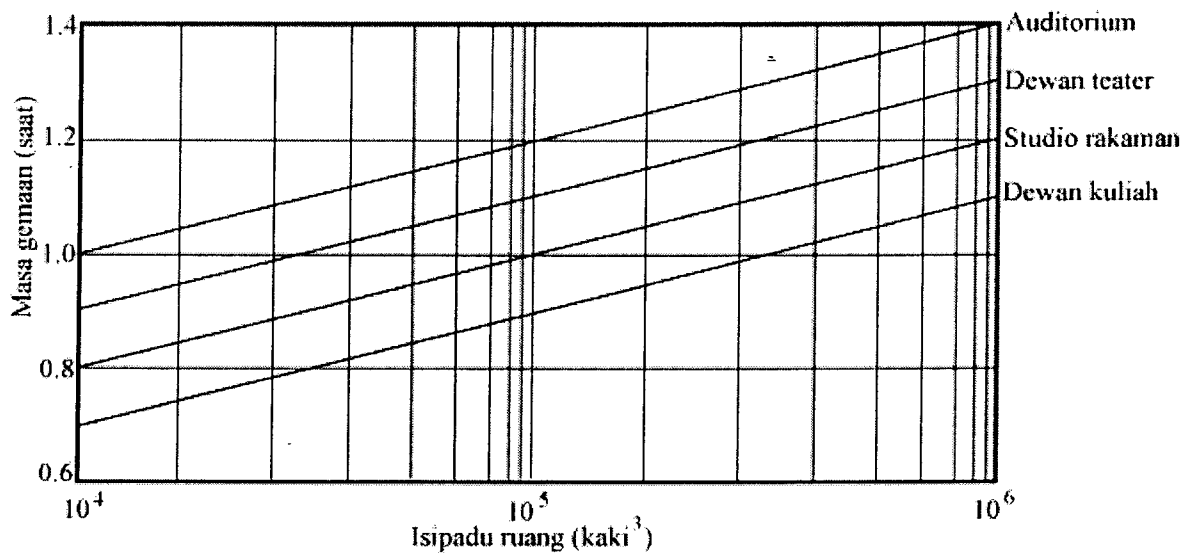


Figure Q5[b]: Optimum Reverberation Time at 500 Hz
Rajah Q5[b]: Masa Gemaan Optimum pada 500 Hz

Table Q5[b]: Optimum Reverberation Time T/T_{500}
Jadual Q5[b]: Masa gemaan optimum T/T_{500}

Frekuensi (Hz)	250	500	1000	2000
T/T_{500} (Ucapan)	1.0	1.0	0.9	0.9
T/T_{500} (Muzik)	1.2	1.0	0.95	0.9