



Second Semester Examination
Academic Session 2017/2018

May/June 2018

EMM 342 – Noise & Vibration
[Hingar & Getaran]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this paper contains **TWELVE [12]** printed pages including appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **DUA BELAS [12]** mukasurat bercetak beserta lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

INSTRUCTIONS : Answer **ALL SIX [6]** questions.

ARAHAN : Jawab **SEMUA ENAM [6]** soalan.]

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.]

1. [a] There are various kinds of vibration phenomenon that can happened in our life. With the help of sketch, explain and suggest ONE real example of each of the following phenomenon.

Terdapat pelbagai jenis fenomena getaran yang boleh berlaku dalam kehidupan kita. Dengan bantuan lakaran, terangkan dan cadangkan SATU contoh sebenar untuk setiap fenomena berikut:

- (i) **Forced vibration.**
Getaran paksa.
- (ii) **Damped free vibration.**
Getaran bebas teredam.
- (iii) **Nonlinear vibration.**
Getaran tidak linear.
- (iv) **Random vibration.**
Getaran rawak.

(40 marks/markah)

- [b] An underdamped motorcycle shock absorber is designed with a mass of 100 kg. When the shock absorber is subjected to an initial vertical velocity due to a road bump, the resulting displacement-time curve is shown in Figure 1[b]. Calculate the stiffness and damping constants of the absorber if the damped period of vibration is 4 s and amplitude x_1 to be reduced to half in one half cycle.

Penyerap hentakan motosikal kurang teredam telah direka dengan jisim 100 kg. Apabila penyerap hentakan tertakluk kepada halaju menegak awal disebabkan oleh bonggol jalan, lengkungan masa-sesaran yang dihasilkan ditunjukkan dalam Rajah 1[b]. Kirakan pemalar kekakuan dan peredam sekiranya tempoh getaran teredam adalah 4 s dan amplitud x_1 akan berkurang kepada setengah dalam satu setengah kitaran.

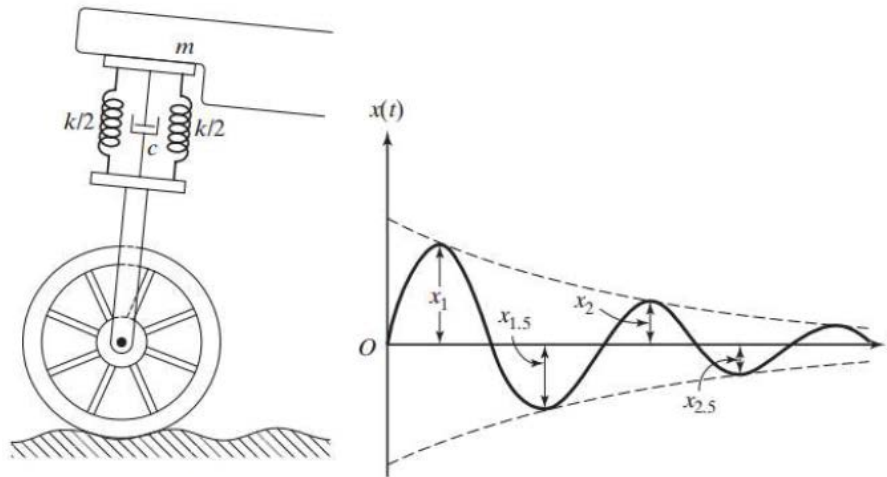


Figure 1[b]
Rajah 1[b]

(60 marks/markah)

2. Figure 2 shows the new design of the Rapid Penang bus passenger seat that includes the seat, head rest and supported beam mounted to the roof of the bus. Given the values of mass for seat and head rest is $m_1 = 5$ kg and $m_2 = 1$ kg respectively, and the stiffness of each beam is given by $k = 12EI / h^3$, where $EI = 30 \text{ Nm}^2$.

Rajah 2 menunjukkan reka bentuk baru kerusi penumpang bas Rapid Penang yang merangkumi tempat duduk, tempat rehat kepala dan rasuk sokongan yang dipasang ke bumbung bas. Diberi nilai jisim tempat duduk dan tempat rehat kepala adalah $m_1 = 5$ kg dan $m_2 = 1$ kg, dan kekakuan setiap rasuk diberikan oleh $k = 12EI / h^3$, di mana $EI = 30 \text{ Nm}^2$.

- (i) Draw the equivalent free body diagram of the bus passenger seat.
Lukiskan gambar rajah bebas setara bagi kerusi penumpang bas.
- (ii) Derive the equation of motion of the bus passenger seat.
Terbitkan persamaan gerakan bagi kerusi penumpang bas.
- (iii) If the seat is excited by the simple harmonic motion of $x(t) = X e^{i\omega t}$, determine the natural frequencies of the bus passenger seat.
Jika kerusi diuja dengan gerakan harmonik mudah $x(t) = X e^{i\omega t}$, tentukan frekuensi-frekuensi asli bagi kerusi penumpang bas.

- (iv) Assuming that the first natural frequency has a higher amplitude than the second natural frequency, plot the frequency response function (FRF) graph of the bus passenger seat.

Dengan mengandaikan bahawa frekuensi asli pertama mempunyai amplitud yang lebih tinggi daripada frequency asli kedua, plot graf fungsi tindak balas frekuensi (FRF) bagi kerusi penumpang bas.

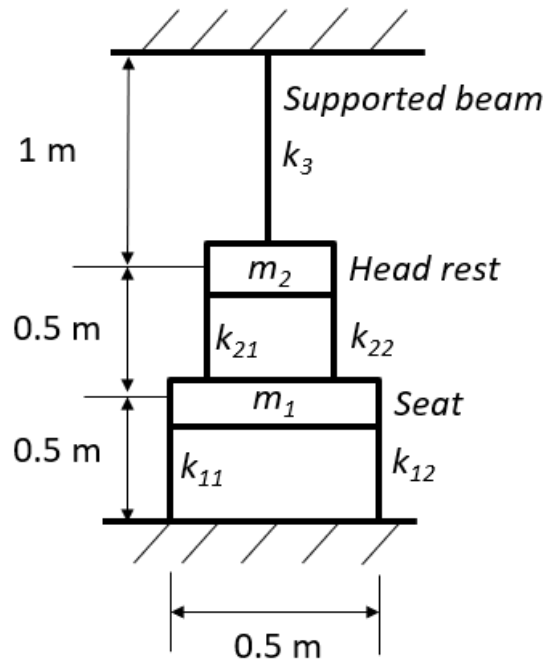


Figure 2
Rajah 2

(100 marks/markah)

3. [a] In many applications, the disturbances of the structures can be subjected from the base excitation.

Dalam banyak aplikasi, gangguan struktur boleh berpunca daripada pengujaan tapak.

- (i) Suggest and explain TWO real examples that affected by the disturbances from the base excitation.
Cadangkan dan terangkan DUA contoh sebenar yang terjejas oleh gangguan daripada pengujaan tapak.

- (ii) With the help of sketch, discuss the effects of different frequency ratio values ($r < 1$, $r = 1$ and $r > 1$) to the system response (displacement transmissibility) for the case of underdamped base excitation system.

Dengan bantuan lakaran, bincangkan kesan-kesan nilai nisbah frekuensi yang berbeza ($r < 1$, $r = 1$ dan $r > 1$) kepada gerak balas sistem (kebolehpindahan sesaran) untuk kes sistem pengujaan tapak kurang teredam.

(50 marks/markah)

- [b] Figure 3[b] shows the motor-generator set which operates at 200 rpm with mass of 30 kg and stiffness of 3000 N/m. Due to the effect of rotating unbalanced mass inside the motor, a dynamic vibration absorber (DVA) is attach to reduce the vibration of the motor. Given the forcing amplitude induced from the motor-generator set is 10 N.

Rajah 3[b] menunjukkan set penjana-motor yang beroperasi pada 200 rpm dengan jisim 30 kg dan kekakuan 3000 N/m. Oleh kerana kesan jisim tidak seimbang yang berputar di dalam motor, penyerap getaran dinamik (DVA) dipasang untuk mengurangkan getaran motor. Diberi amplitud memaksa yang dihasilkan dari set penjana motor adalah 10 N.

- (i) If the maximum deflection of the DVA is given by 0.005 m, determine the necessary mass of the DVA for the system.
Jika pesongan maksimum DVA diberikan sebanyak 0.005 m, tentukan jisim DVA yang diperlukan oleh sistem.
- (ii) Prove that the mass of the DVA is appropriate for the system.
Buktikan bahawa jisim DVA adalah sesuai untuk sistem.
- (iii) Suggest another TWO methods to reduce the vibration of the motor-generator set in Figure Q3[b].
Cadangkan DUA kaedah lain untuk mengurangkan getaran set penjana-motor dalam Rajah S3[b].

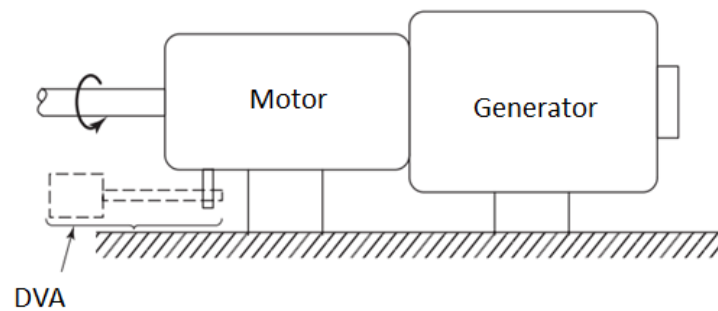


Figure 3[b]
Rajah 3[b]

(50 marks/markah)

4. [a] The constructive and destructive interference of two sound waves with different frequency will result in a special effect called beat frequency. The happening of beat frequency will cause the sound to be alternatively soft and loud. With the help of sketches, explain two different types of beat frequency.

Interferens membina dan interferens memusnah yang berlaku antara dua gelombang yang mempunyai frekuensi yang berlainan akan menghasilkan kesan khas yang dinamakan frekuensi rentak. Kejadian frekuensi rentak akan menghasilkan bunyi yang kuat dan lemah berselang-seli. Dengan bantuan lakaran, jelaskan dua jenis frekuensi rentak yang berlainan.

(40 marks/markah)

- [b] A standing speaker of 12 watts of power is located in a room and radiates sound into the whole space of the room at 800 Hz as shown in Figure 4[b].

Satu pembesar suara tegak dengan kuasa 12 watts terletak dalam satu bilik dan menyebarkan bunyi ke dalam ruang bilik pada frekuensi 800 Hz ditunjukkan dalam Rajah 4[b].

- (i) Evaluate the sound power level, acoustic intensity, intensity level, sound pressure and sound pressure level that could be measured at a radial distance of 1.5 m from the speaker. Assume that the air is at 20 °C and 1 atm.

Tentukan paras kuasa bunyi, keamatan akustik, paras keamatan, tekanan bunyi dan paras tekanan bunyi yang dapat diukur pada jarak jejari 1.5 m dari pembesar suara tersebut. Anggap udara pada 20°C dan tekanan 1 atm.

- (ii) Determine the new sound pressure level if another standing speaker with the same sound pressure level as the first sound is now located in the same room and same location.

Tentukan paras tekanan bunyi yang baru sekiranya satu lagi pembesar suara tegak dengan paras tekanan bunyi yang sama seperti bunyi pertama diletakkan dalam bilik yang sama dan lokasi yang sama.

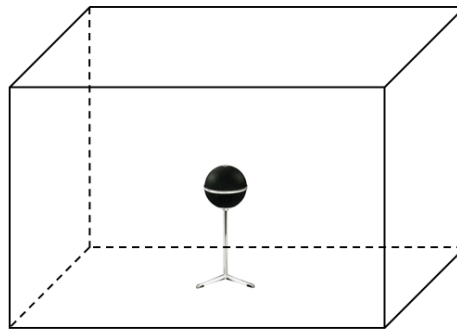


Figure 4[b]
Rajah 4[b]

(60 marks/markah)

5. [a] Free field and diffuse field measurement are different types of sound field measurement that are used in measuring different acoustic conditions. Discuss the differences between the free field and diffuse field measurement including their definition, measurement method, and microphone selection.

Pengukuran medan bebas dan medan resap merupakan jenis pengukuran medan suara berlainan yang digunakan untuk mengukur keadaan akustik yang berlainan. Bincangkan perbezaan-perbezaan di antara pengukuran medan bebas and pengukuran medan resap termasuk definasi, cara pengukuran dan pemilihan mikrofon.

(40 marks/markah)

[b] Company AEX has received a warning from the Department of Occupational Safety and Health (DOSH) about the high noise level in its factory. To overcome the problem, an engineer is appointed to perform the sound pressure level measurement in the factory. The measurement is done at a particular location in the factory for the condition of when the machine is operational and switched off to determine the background noise. The measurement results of the unweighted sound pressure levels are listed in Table 5[b(i)] as below.

Syarikat AEX menerima amaran dari Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Perkerjaan (JKKP) berkenaan dengan paras hingar yang tinggi di dalam kilang. Untuk mengatasi masalah ini, seorang jurutera telah dilantik untuk menjalankan pengukuran paras tekanan bunyi di dalam kilang tersebut. Pengukuran telah dilakukan pada lokasi tertentu di dalam kilang dengan keadaan di mana mesin dihidupkan dan dimatikan untuk menentukan paras hingar latar. Keputusan pengukuran paras tekanan bunyi tanpa pemberat disenaraikan di dalam Jadual 5[b(i)] seperti di bawah.

(i) Determine the equivalent A-weighted sound level (in dB(A)) due to the machines only by refer to Table 5[b(ii)].

Tentukan paras tekanan bunyi padanan dengan pemberat-A (dalam dB(A)) yang dihasilkan oleh mesin-mesin sahaja dengan merujuk ke Jadual 5[b(ii)].

(ii) Propose TWO possible methods in reducing the noise level for the operating machines.

Cadangkan DUA cara pengurangan paras hingar yang mungkin untuk mesin-mesin tersebut.

Table 5[b(i)]
Jadual 5[b(i)]

Octave band center frequency (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
SPL with Machine ON (dB)	98	94	90	94	91	95	97
SPL with Machine OFF (dB)	97	90	85	91	88	91	93

Table 5[b(ii)]
Jadual 5[b(ii)]

Frequency (Hz)	A weighting (dB)	B weighting (dB)	C weighting (dB)
10	-70.4	-38.2	-14.3
12.5	-63.4	-33.2	-11.2
16	-56.7	-28.5	-8.5
20	-50.5	-24.2	-6.2
25	-44.7	-20.4	-4.4
31.5	-39.4	-17.1	-3.0
40	-34.6	-14.2	-2.0
50	-30.2	-11.6	-1.3
63	-26.2	-9.3	-0.8
80	-22.5	-7.4	-0.5
100	-19.1	-5.6	-0.3
125	-16.1	-4.2	-0.2
160	-13.4	-3.0	-0.1
200	-10.9	-2.0	0
250	-8.6	-1.3	0
315	-6.6	-0.8	0
400	-4.8	-0.5	0
500	-3.2	-0.3	0
630	-1.9	-0.1	0
800	-0.8	0	0
1,000	0	0	0
1,250	+0.6	0	0
1,600	+1.0	0	-0.1
2,000	+1.2	-0.1	-0.2
2,500	+1.3	-0.2	-0.3
3,150	+1.2	-0.4	-0.5
4,000	+1.0	-0.7	-0.8
5,000	+0.5	-1.2	-1.3
6,300	-0.1	-1.9	-2.0
8,000	-1.1	-2.9	-3.0
10,000	-2.5	-4.3	-4.4
12,500	-4.3	-6.1	-6.2
16,000	-6.6	-8.4	-8.5
20,000	-9.3	-11.1	-11.2

(60 marks/markah)

6. [a] Reverberation time is defined as the time required for the average sound pressure level to decay 60 dB after the sound source has been stopped. Explain TWO common methods for measuring the reverberation time.

Masa gema ditafsirkan sebagai masa yang diperlukan untuk paras tekanan bunyi purata susut sebanyak 60 dB selepas sumber bunyi dihentikan. Terangkan DUA jenis kaedah untuk mengukur masa gema.

(40 marks/markah)

- [b] Figure 6[b(i)] shows a hall with length 20 m, width 10 m and height 5 m. The four wall of the hall is lined with gypsum boards which has absorption coefficient $\alpha=0.05$. There are two windows of 1 m X 5 m made of glass ($\alpha=0.18$) and a plywood-paneled door of 3 m X 1 m ($\alpha=0.17$) on one of the wall. Both floor and ceiling have same absorption coefficient of $\alpha=0.81$.

Rajah 6[b(i)] menunjukkan sebuah dewan dengan panjang 20 m, lebar 10 m dan tinggi 5 m. Dewan itu mempunyai empat permukaan dinding daripada papan gypsum dengan pekali serapan $\alpha=0.05$. Satu daripada kawasan dinding mempunyai dua tingkap kaca ($\alpha=0.18$) seluas 1 m x 5 m dan satu pintu papan lapis ($\alpha=0.17$) seluas 3 m x 1 m. Kedua-dua lantai dan siling mempunyai pekali serapan yang sama iaitu $\alpha=0.81$.

- (i) Predict reverberation time in the hall.

Kirakan masa gema di dalam dewan tersebut.

- (ii) Based on Figure Q6[b(ii)], discuss if the hall is suitable to be used as a lecture hall. Justify your answer.

Berdasarkan Rajah S6[b(ii)], bincangkan kesesuaian dewan tersebut digunakan sebagai dewan kuliah. Terangkan jawapan anda.

- (iii) Based on the answer in (ii), discuss the possible solution to make the hall suitable for lecture purpose.

Berdasarkan jawapan dari (ii), bincangkan penyelesaian yang mungkin untuk menjadikan dewan tersebut sesuai untuk kegunaan kuliah.

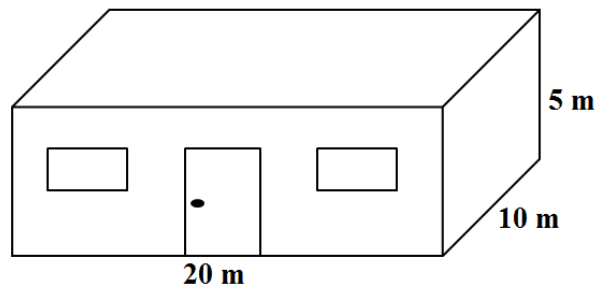


Figure 6[b(i)]
Rajah 6[b(i)]

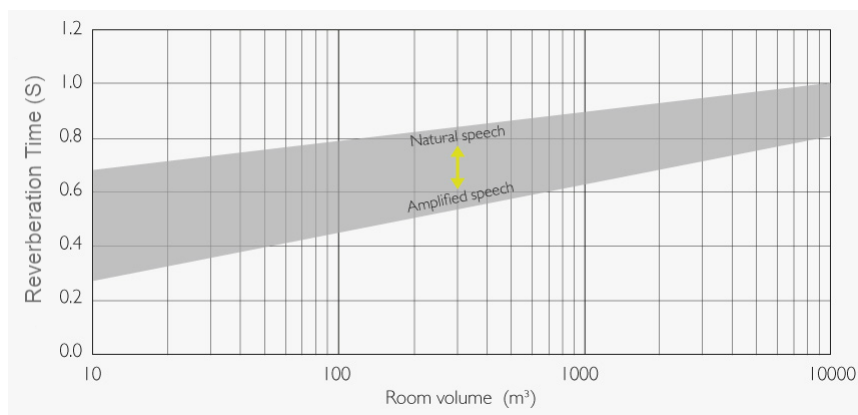


Figure 6[b(ii)]
Rajah 6[b(ii)]

(60 marks/markah)

-oooOooo-

Fundamental Equations in Vibration

Persamaan Asas Getaran

$$X = \frac{(k_a - m_a \omega^2) F_0}{(k + k_a - m \omega^2)(k_a - m_a \omega^2) - k_a^2} \quad X_a = \frac{k_a F_0}{(k + k_a - m \omega^2)(k_a - m_a \omega^2) - k_a^2}$$

$$\frac{X}{Y} = \left\{ \frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2} \right\}^{1/2} \quad \lambda = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \frac{c}{m} = 2\zeta \omega_n$$

$$\frac{MX}{me} = \frac{r^2}{[(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2]^{1/2}} \quad \omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n \quad \delta = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{y_0}{y_n} \right)$$

$$\zeta = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi}{\delta}\right)^2}}$$