
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

*Second Semester Examination
2003/2004 Academic Session
Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2003/2004*

*February/March 2004
Februari/Mac 2004*

ESA 111E/3 – Introduction To Aerospace Engineering
Pengenalan Kepada Kejuruteraan Aeroangkasa

Hour : [3 hours]
Masa : 3 jam

INSTRUCTION TO CANDIDATES:
ARAHAN KEPADA CALON :

Please ensure that this paper contains **FOURTEEN** printed pages and **EIGHT** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **EMPAT BELAS** mukasurat bercetak dan **LAPAN** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FIVE** questions. Section A : Answer **TWO** questions. Section B : Answer **TWO** questions and **ONE** question from any section.

*Jawab **LIMA** soalan. Bahagian A : Jawab **DUA** soalan. Bahagian B : Jawab **DUA** soalan dan **SATU** soalan dari mana-mana bahagian.*

Answer all the questions in English but at least one question must be answered in Bahasa Malaysia.

Jawab semua soalan dalam Bahasa Inggeris tetapi sekurang-kurangnya satu soalan perlu dijawab dalam Bahasa Malaysia.

Non programmable calculator can be used.

Mesin kira bukan yang boleh diprogram boleh digunakan.

Each questions must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

PART A/BAHAGIAN A

1. You want to design a wind tunnel for the School of Aerospace Engineering at USM with a test section velocity of 90 m/s. There are two types of wind tunnel design that you need to consider.

Anda ingin merencanakan sebuah terowong angin untuk PPK Aeroangkasa di USM dengan halaju bahagian ujiannya adalah 90 m/s. Terdapat dua jenis rekabentuk terowong angin yang anda perlu pertimbangkan.

- (i) The first type, Type A, is a nozzle and a constant-area test section, where the exit air flow is dumped to the surrounding atmosphere. The nozzle area (which is the flow entrance) is 2 m^2 , and the test-section area and the flow exit area is 0.4 m^2 .

Jenis yang pertama, jenis A, mempunyai corong menirus dan keluasan bahagian ujian yang malar di mana aliran udara keluar dialirkan ke atmosfera persekitaran. Keluasan corong menirus (di mana aliran itu masuk) adalah 2 m^2 , dan keluasan bahagian ujian di mana aliran itu keluar adalah 0.4 m^2 .

- (ii) The second type, Type B, is a conventional arrangement of nozzle, test section, and diffuser, where the exit flow is dumped to the surrounding. The nozzle area and the test-section area are the same as for Type A, but the diffuser exit area is 1.6 m^2 .

Jenis yang kedua, Jenis B, merupakan pengaturan yang konvensional iaitu corong menirus, bahagian ujian dan corong mencapah di mana aliran keluar dialirkan ke persekitaran. Keluasan corong menirus dan keluasan bahagian ujian adalah sama seperti Jenis A, tetapi keluasan di bahagian keluar corong mencapah adalah 1.6 m^2 .

You know that the pressure of the exit flow is approximately the same with the static pressure of the surrounding, which is 1 atm ($1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$). Assume that the temperature in the test section is 300 K. (For air, use $\gamma = 1.4$; $R = 287 \text{ J/kg.K}$).

Anda mengetahui bahawa tekanan aliran keluar adalah dianggarkan sama dengan tekanan statik persekitaran, iaitu 1 atm ($1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$). Andaikan suhu di bahagian ujian adalah 300K. (Untuk udara, gunakan $\gamma = 1.4$; $R = 287 \text{ J/kg.K}$).

- (a) What is the Mach number in the test section? Is the flow compressible and can you apply Bernoulli equation on the flow? Draw a simple diagram for both wind tunnel Type A and Type B. Label the flow direction and the location of the test-section with its corresponding velocity.

Apakah No. Mach di bahagian ujian? Adakah aliran itu mampat dan bolehkah anda menggunakan persamaan Bernoulli untuk aliran itu? Lukis gambarajah ringkas untuk kedua-dua jenis terowong angin iaitu Jenis A dan Jenis B. Tandakan arah aliran dan lokasi bahagian ujian dengan halajunya sekali.

(4 marks/markah)

- (b) For wind tunnel Type A, calculate the velocity and pressure at the entrance. What is the pressure difference between the entrance and the exit?

Untuk terowong angin Jenis A, kira halaju dan tekanan udara di bahagian masuk. Apakah perbezaan tekanan udara di antara bahagian masuk dan bahagian keluar?

(7 marks/markah)

- (c) For wind tunnel Type B, calculate the velocity at the exit, and the pressure at the entrance. What is the pressure difference between the entrance and the exit?

Untuk terowong angin Jenis B, kira halaju bahagian keluar, dan tekanan bahagian masuk. Apakah perbezaan tekanan udara di antara bahagian masuk dan bahagian keluar?

(7 marks/markah)

- (d) Which wind tunnel requires smaller pressure difference? If you have to choose between the two wind tunnel, which wind tunnel would you choose? Why?

Terowong angin yang manakah memerlukan perbezaan tekanan yang lebih kecil? Jika anda dikehendaki untuk memilih di antara kedua-dua terowong angin, yang manakah terowong angin yang anda pilih? Kenapa?

(2 marks/markah)

2. In a high-speed compressible flow, Mach number is more fundamental than velocity. Consider an airplane flying at Mach 0.7 at a standard altitude of 3 km, where the static temperature, pressure and density is 269 K, 70121 N/m², and 0.909 kg/m³, respectively. (Use $\gamma = 1.4$, $R = 287$ J/kg.K, $C_p = 1005$ J/kg.K).

Di dalam aliran mampat yang berhalaju tinggi, nombor Mach lebih utama daripada halaju. Pertimbangkan sebuah kapal terbang yang terbang pada Mach 0.7 di ketinggian 3km, di mana suhu, tekanan dan ketumpatan statiknya adalah 269 K, 70121 N/m², dan 0.909 kg/m³. (Guna $\gamma = 1.4$, $R = 287$ J/kg.K, $C_p = 1005$ J/kg.K).

- (a) Calculate the stagnation pressure P_0 of the flow. At this stagnation point, calculate also its temperature.

Kira tekanan genangan P_0 aliran. Pada titik genangan, kirakan juga suhu.

(7 marks/markah)

- (b) At a point on the wing, the airflow Mach number is 0.95. Calculate the pressure at this point.

Pada satu titik di atas sayap, nombor Mach aliran udara adalah 0.95. Kira tekanan pada titik ini.

(7 marks/markah)

- (c) For high-speed flows, it is convenient to express the dynamic pressure in terms of pressure p and Mach number M rather than density ρ and velocity V . Derive an equation for $q = q(p, M)$.

Untuk aliran berhalaju tinggi, adalah lebih mudah untuk menggambarkan tekanan dinamik dari segi tekanan p dan nombor Mach M daripada ketumpatan ρ dan halaju V . Terbitkan persamaan untuk $q = q(p, M)$.

(6 marks/markah)

3. Consider a flat plate at an angle of attack of 2° in a Mach 2.2 airflow. (Mach 2.2 is the cruising Mach number of the Concorde supersonic transport.) The length of the plate in the flow direction is 62 m, which is the length of the Concorde. Assume that the freestream conditions correspond to a standard altitude of 15 km, where the static temperature, pressure, and density is 217 K, 12112 N/m², and 0.19 kg/m³, respectively. The total drag on this plate is the sum of wave drag and skin friction drag. Assume that a turbulent boundary layer exists over the entire plate. The results given in Chapter 4 for skin friction coefficients hold for incompressible flow only. For this case, because the flow is compressible, assume that the calculated value of C_f is reduced by 20%. (Use $\gamma = 1.4$, $R = 287$ J/kg.K).

Pertimbangkan plat mendatar pada sudut serangan 2° pada aliran Mach 2.2. (Mach 2.2 adalah nombor Mach penerbangan bagi kapal terbang supersonik Concorde). Panjang plat pada arah aliran adalah 62 m, iaitu panjang Concorde. Andaikan keadaan aliran bebas merupakan keadaan di ketinggian 15 km, di mana suhu, tekanan dan ketumpatan statiknya adalah 217 K, 12112 N/m², dan 0.19 kg/m³. Jumlah seretan pada plat ini merupakan jumlah seretan gelombang dan seretan geseran kulit. Andaikan lapisan sempadan gelora wujud pada keseluruhan plat. Keputusan yang diberi dalam Bab 4 bagi koefisien geseran kulit hanya untuk aliran tidak mampat sahaja. Untuk kes ini, disebabkan aliran adalah mampat, andaikan nilai C_f yang dikira berkurang sebanyak 20%. (Guna $\gamma = 1.4$, $R = 287$ J/kg.K).

- (a) Calculate the Mach angle and the velocity V of the flow.

Kira sudut Mach dan halaju V aliran.

(4 marks/markah)

- (b) Calculate the Reynolds number Re and the dynamic pressure q for this flow. (Assume that the air viscosity μ is 1.79×10^{-5} kg/m.s).

Kira nombor Reynolds Re dan tekanan dinamik q untuk aliran ini. (Andaikan kelikatan udara adalah 1.79×10^{-5} kg/m.s).

(4 marks/markah)

- (c) Calculate the skin friction coefficient and the wave drag coefficient for this flat plate. Calculate also the total drag on the flat plate. (Hint: you have to take into account the upper and lower surface of the flat plate when calculating the skin friction drag).

Kira koefisien geseran kulit dan koefisien seretan gelombang untuk plat mendatar ini. Kirakan juga jumlah daya seretan pada plat mendatar (Pembayang: Anda perlu mengambil kira permukaan atas dan bawah plat mendatar dalam pengiraan seretan geseran kulit)

(8 marks/markah)

- (d) If the angle of attack is increased to 5° , what is the wave drag coefficient? What can you say about the wave drag coefficients for these two angle of attack?

Jika sudut serangan ditambah menjadi 5° , apakah koefisien seretan gelombang? Apakah yang dapat anda katakan tentang koefisien-koefisien seretan gelombang untuk kedua-dua sudut serangan ini?

(4 marks/markah)

4. During the 1920s and early 1930s, the NACA obtained wind tunnel data on different airfoils by testing finite wings with a certain aspect ratio. These data were then “corrected” to obtain infinite wing airfoil characteristics. Consider such a finite wing with an area S and aspect ratio AR of 1.4 m^2 and 6 , respectively, mounted in a wind tunnel where the test section flow velocity is 30 m/s at standard sea-level conditions, where the static temperature, pressure, and density is 288 K , 101325 N/m^2 , and 1.225 kg/m^3 , respectively. When the wing is pitched to $\alpha = -2^\circ$, no lift is measured. When the wing is pitched to $\alpha = 10^\circ$, a lift of 80 N is measured. (Assume that the span effectiveness factor e is 0.9).

Pada tahun 1920an dan awal 1930an, NACA memperoleh data terowong angin bagi airfoil yang berbeza dengan menguji sayap terhingga dengan beberapa nisbah aspek. Data ini kemudiannya “dibetulkan” untuk memperoleh ciri-ciri airfoil sayap tak terhingga. Pertimbangkan sayap terhingga dengan keluasan S dan nisbah aspek AR 1.4 m^2 dan 6 , pada kedudukan terowong angin di mana halaju bahagian aliran adalah 30 m/s pada aras laut, dimana suhu, tekanan dan ketumpatan statiknya adalah 288 K , 101325 N/m^2 , dan 1.225 kg/m^3 . Apabila sayap itu diangkat menjadi $\alpha = -2^\circ$, tiada daya angkat yang diperolehi. Apabila sayap diangkat menjadi $\alpha = 10^\circ$, daya angkat 80 N diperolehi. (Andaikan faktor efektif rentang e adalah 0.9)

- (a) Calculate the dynamic pressure of the flow.

Kira tekanan dinamik aliran.

(4 marks/markah)

- (b) Calculate the lift slope for the finite airfoil.

Kira kecerunan daya angkat untuk airfoil terhingga.

(4 marks/markah)

- (c) Calculate the lift slope for the infinite wing airfoil.

Kira kecerunan daya angkat untuk airfoil tak terhingga.

(4 marks/markah)

- (d) Calculate the induced drag coefficient and the induced drag at $\alpha = 5^\circ$

Kira koefisien seretan dorong dan daya seretan dorong pada $\alpha = 5^\circ$

(8 marks/markah)

PART B/BAHAGIAN B

5. (a) A satellite in a Low Earth Orbit at 500km altitude experienced a malfunction of electrical components and signal noise whenever it passes by the space region of Argentina. List the possible cause for this phenomenon and describe how it happens.

Sebuah satelit yang berada di Orbit Rendah Bumi pada altitud 500km telah mengalami kerosakan komponen elektrik dan selalu mengalami gangguan signal atau kebingaran semasa melalui kawasan ruang angkasa Argentina. Nyatakan kemungkinan yang menyebabkan hal ini terjadi dan huraikan bagaimana ianya boleh berlaku.

(6 marks/markah)

- (b) Explain three actions that can be taken to mitigate the risks of orbital debris to a spacecraft and provide your comments for the efficiency of each action.

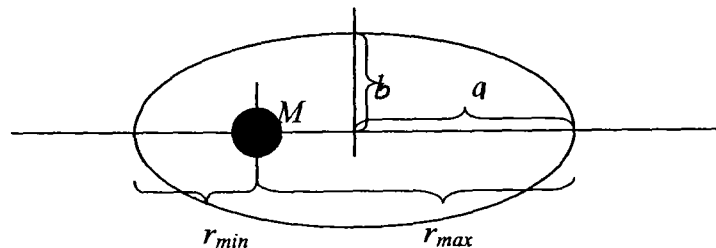
Terangkan tiga jenis tindakan yang boleh diambil bagi mengurangkan risiko terhadap bahaya puing orbit terhadap kapal angkasa dan berikan komen anda tentang keberkesanan setiap tindakan tersebut.

(6 marks/markah)

- (c) From 1609 to 1618, Johannes Kepler has induced and published three laws of planetary motions. Kepler's third law states: The periods of any two satellites about the same planet are related to their semimajor axes as

$$\frac{\tau_1^2}{\tau_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Considering the elliptical orbit shown in the figure below, where r_{\min} is the perigee, r_{\max} is the apogee, mass M (of the earth or the sun) is at the focus of the ellipse and the phase angle C of the orbit is zero, derive Kepler's third law using relevant orbital equations.



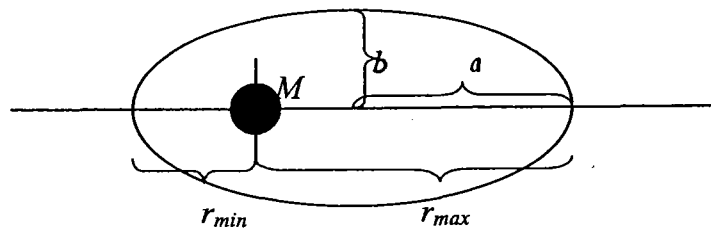
...9/

Daripada tahun 1609 hingga 1618, Johannes Kepler telah menerbitkan tiga Hukum berkenaan pergerakan planet. Hukum Kepler Ketiga menyatakan bahawa:

Tempoh putaran dua buah satelit yang mengelilingi planet yang sama adalah berkadar kepada kuasa semimajor setiap satelit seperti berikut

$$\frac{\tau_1^2}{\tau_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Dengan merujuk kepada orbit elips seperti dalam gambarajah di bawah, iaitu r_{\min} ialah perigi, r_{\max} ialah apogi, jisim N (bumi atau matahari) ialah di titik fokus elips dan sudut fasa C orbit ialah 0 , buktikan Hukum Kepler Ketiga ini dengan menggunakan persamaan-persamaan orbit yang sesuai.



(8 marks/markah)

6. (a) Ionization rays and charged particles found in the space environment are dangerous to a spacecraft especially in Low Earth Orbit. Describe the risks faced by a spacecraft when moving from the night time region to the day time region in space due to these charged particles.

Sinaran mengion dan zarah-zarah bercas yang terdapat di persekitaran angkasa lepas adalah amat bahaya terhadap kapal angkasa terutamanya di Orbit Rendah Bumi. Huraikan bahaya yang dihadapi oleh kapal angkasa apabila ia bergerak daripada kawasan malam ke kawasan siang (menghadap matahari), yang disebabkan oleh zarah-zarah bercas ini.

(6 marks/markah)

- (b) What is a launch window and describe why does launching has to be done at an appropriate launch window.

Apakah yang dimaksudkan dengan jendela pelancaran dan terangkan mengapa pelancaran mesti dilakukan pada jendela pelancaran yang sesuai.

(6 marks/markah)

- (c) The radius of a planet with mass 5.97×10^{24} kilogram is 6,378 kilometers. A satellite passed by its atmosphere 350 kilometer at the east equatorial at a speed of 10 km/s. Prove that the shape of the satellite trajectory is an ellipse and calculate the orbit's eccentricity.

Diberi bahawa jejari sebuah planet berjirim 5.97×10^{24} kilogram ialah 6,378 kilometer. Sebuah satelit akan merentasi ruang atmosfera planet tersebut 350 kilometer di ufuk timur pada kelajuan 10 km/s. Buktikan bahawa bentuk trajektori orbit yang akan dibentuk oleh satelit itu adalah elips. Berikan juga nilai kesipian untuk orbit elips tersebut.

(8 marks/markah)

- 11 -

7. (a) Two identical satellites are launched on different orbits: The first one remains on a circular orbit, below 1,400 kilometers; and the second one is injected on a geo transfer orbit, i.e., an elliptical orbit that goes from 600 to 36,000 kilometers then back to 600 kilometers, etc. Which satellite is more likely to experience more failures and why? What types of failures do you think it will experience?

Dua buah satelit yang sama telah dilancarkan dan beroperasi pada orbit yang berlainan. Satelit yang pertama beroperasi dalam orbit bulat pada altitud bawah 1400 kilometer; dan satelit yang kedua disuntik ke dalam orbit pindah geo, iaitu orbit elips yang altitudnya bergerak dari 600 hingga 36,000 kilometer, dan kemudian berpatah balik ke 600 kilometer, etc. Berdasarkan kenyataan ini, satelit yang manakah yang lebih cenderung untuk mengalami kerosakan dan kenapa? Pada pandangan anda, apakah jenis kerosakan yang bakal dialami oleh satelit tersebut?

(6 marks/markah)

- (b) A propulsion system plays an important role in a spacecraft. Describe its functions and discuss whether such system is necessary for a micro satellite with mass around 40 kilogram and injected straight to its orbit at altitude 700 kilometer in Low Earth Orbit.

Sistem pendorong memainkan peranan yang penting bagi sebuah kapal angkasa. Huraikan peranan-peranan tersebut dan bincangkan sama ada sistem pendorong tersebut diperlukan bagi sebuah satelit mikro berjisim lebih kurang 40 kilogram yang disuntik terus ke dalam orbitnya di altitud 700 kilometer di Orbit Rendah Bumi.

(6 marks/markah)

- (c) All two body orbits are conic sections and represented by the equation below:

$$r = \frac{p}{1 + e \cos(\theta - C)}$$

- (i) Define the variables represented in the equation.
 (ii) List the eccentricity required in order to achieve circle, ellipse, parabola and hyperbola orbits. Also state the equation of escape velocity or the circular velocity required in each orbit.

...12/

Semua orbit dwi-jasad adalah berbentuk seksyen kon dan diwakili oleh persamaan di atas.

$$r = \frac{p}{1 + e \cos(\theta - C)}$$

- (i) Berikan definisi setiap pembolehubah dalam persamaan tersebut.*
- (ii) Senaraikan nilai kesipian yang diperlukan untuk memperolehi orbit bulat, elips, parabola dan hiperbola. Berikan juga persamaan halaju lepas atau halaju bulat yang diperlukan dalam setiap jenis orbit tersebut.*

(8 marks/markah)

8. (a) List four classical Orbital/Keplerian elements which define a satellite orbit and give a brief definition of each element. Clearly sketch the position of each Keplerian element in a diagram.

Nyatakan empat elemen orbit klasik/keplerian serta berikan takrifan kepada setiap elemen tersebut. Lakarkan kedudukan setiap elemen di dalam sebuah gambarajah dengan jelas.

(4 marks/markah)

- (b) Kepler's third law can be used to calculate the period of a planet revolving around the Sun. It is given that the period of revolution of Venus about the Sun is 224.7 days. Determine the period of planet Y with its semimajor axis is 1.3817 times greater than Venus and calculate planet Y semimajor axis in astronomical unit.

Hukum Kepler ketiga boleh digunakan untuk perkiraan tempoh peredaran sesebuah planet mengelilingi matahari. Diberi bahawa tempoh peredaran planet Zurah ialah 224.7 hari. Berikan tempoh peredaran planet Y yang paksi semimajornya ialah 1.3817 kali ganda daripadanya. Seterusnya berikan nilai paksi semimajor planet Y dalam nisbah unit astronomi.

(6 marks/markah)

- (c) Suppose that you are in a satellite thermal design team to design an aluminum spherical satellite in an orbit called USMSat. Assuming there is no major thermal inputs from onboard electronics, Earth IR and albedo heat, consider the thermal environment and input power for the satellite being designed, while keeping in mind the temperature should suit the electronics part of the satellite.

- (i) Calculate the power absorbed from the sun.
- (ii) Calculate the equilibrium temperature of the satellite without any surface coating (aluminium: $\alpha = 0.38$, $\epsilon = 0.035$).
- (iii) Calculate the power emitted by the satellite.
- (iv) Choose the best coating that best radiates the heat from the aluminum surface from the table below (show your calculations and reasoning):

(The solar constant which represents the sun's average energy density = 1358 W/m²;))

Stefan-Boltzmann constant is equal to 5.67×10^{-8}

Material	Emissivity (ϵ)	Absorptivity (α)
White Paint	0.25	0.85
Black Paint	0.98	0.87

Andaikan bahawa anda adalah salah seorang ahli pasukan rekabentuk terma satelit yang merekabentuk satu satelit berbentuk sfera bernama USMSat. Dengan mengandaikan bahawa tiada input terma daripada component elektronik, sinaran IR bumi dan haba dari fenomena albedo, timbangkan persekitaran terma dan kuasa input untuk satelit tersebut, sambil mengambil kira kepentingan suhu tersebut terhadap fungsi alat-alat elektronik satelit tersebut.

- (i) Kirakan kuasa yang diserap daripada matahari (Nilai purata pemalar Suria = 1358 W/m^2).
- (ii) Kirakan suhu seimbang satelit tersebut tanpa sebarang lapisan pelindung (aluminium: $\alpha = 0.38$, $\epsilon = 0.035$)
- (iii) Kirakan kuasa yang dipancar daripada satelit.
- (iv) Pilih lapisan pelindung yang paling baik dalam menyinarkan haba daripada permukaan satelit tersebut daripada jadual di bawah (tunjukkan pengiraan anda dan berikan justifikasi):

(Pemalar suria yang mewakili purata ketunpatan tenaga matahari ialah 1358 W/m^2)

Pemalar Stefan-Boltzmann adalah bersamaan dengan 5.67×10^{-8}

Bahan	Keberpancaran (ϵ)	Keberserapan (α)
Cat Putih	0.25	0.85
Cat Hitam	0.98	0.87

(10 marks/markah)

ooo000ooo