

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2004/2005 Academic Session  
*Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2004/2005*

March 2005  
*Mac 2005*

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

Masa : [ 3 jam]  
Hour : [3 hours]

---

**INSTRUCTION TO CANDIDATES:**  
**ARAHAN KEPADA CALON :**

Please ensure that this paper contains **TWELVE (12)** printed pages and **SIX (6)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **DUA BELAS (12)** mukasurat dan **ENAM (6)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FOUR (4)** questions.

Part A: Answer **TWO (2)** questions. Part B: Answer **TWO (2)** questions.

*Jawab **EMPAT (4)** soalan.*

*Bahagian A: Jawab **DUA (2)** soalan. Bahagian B: Jawab **DUA (2)** soalan.*

Student may answer the questions either in English or Bahasa Malaysia or both combination.

*Soalan boleh dijawab dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia atau kombinasi kedua-duanya.*

Each questions must begin from a new page.

*Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.*

**PART A: CHOOSE ONLY 2 QUESTIONS.**  
**BAHAGIAN A: PILIH 2 SOALAN SAHAJA.**

1. You have just designed a successful balsawood glider that you named "The Incredible Balsawood Glider Version 1" which flies at an incredibly fast speed of 150 m/s for quite a long time. Assume that your glider flies at standard sea-level condition where the  $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$ , and  $R = 287 \text{ J/kg.K}$ .

*Anda baru sahaja merekabentuk sebuah kapal luncur udara yang berjaya diperbuat daripada kayu balsa yang anda namakan "Kapal Luncur Kayu Balsa Yang Menakjubkan Versi 1" yang terbang dengan kelajuan yang mengagumkan 150 m/s untuk jangka masa yang agak lama. Anggapkan yang kapal luncur udara anda terbang pada keadaan aras laut biasa di mana  $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$ , dan  $R = 287 \text{ J/kg.K}$ .*

- (a) Using a differential element and Newton's law of motion, draw a force diagram and derive the Euler's equation. Then, derive the Bernoulli's equation from the Euler's equation.

*Dengan menggunakan elemen pembezaan dan Hukum Pergerakan Newton, lukis satu diagram daya dan terbitkan persamaan Euler. Kemudian, terbitkan persamaan Bernoulli dari persamaan Euler.*

**(8 marks/markah)**

- (b) Calculate the stagnation pressure on the glider using the incompressible flow and compressible flow model. What is the error in your calculation? Is your assumption that the flow is incompressible justified?

*Kirakan tekanan genang pada kapal luncur udara itu dengan menggunakan model aliran tidak mampat dan model aliran mampat. Berapakah ralat pada pengiraan anda? Adakah andaian anda bahawa aliran itu tidak mampat munasabah?*

**(7 marks/markah)**

- (c) Let's say that you have located a point on the wing where the pressure is 0.5% less than the ambient pressure. Assuming that the flow is compressible, calculate the velocity at that point. What is the velocity if you assume that the flow is incompressible?

*Katakan yang anda telah menemui satu titik di atas sayap di mana tekanannya ialah 0.5% kurang dari tekanan persekitaran. Dengan mengandaikan bahawa aliran itu mampat, kirakan halaju pada titik itu. Berapakah halaju sekiranya anda mengandaikan bahawa aliran itu tidak mampat?*

**(10 marks/markah)**

2. A high-speed subsonic commercial aircraft has a swept-backward wing with a sweep angle of  $35^\circ$ . It has been measured that the critical Mach number ( $M_{cr}$ ) of the unswept wing is 0.75.

*Sebuah kapal terbang komersial subsonik berhalaju tinggi mempunyai sayap sapu-kebelakang dengan sudut sapu  $35^\circ$ . Telah dikirakan bahawa nombor Mach kritikal ( $M_{cr}$ ) untuk sayap yang tidak disapu ialah 0.75.*

- (a) Draw the schematic of the aircraft with its wing in the swept configuration. Calculate the new  $M_{cr}$  for the swept wing configuration. Explain how  $M_{cr}$  can be increased by sweeping the wing. What is the advantage of increasing  $M_{cr}$ ?

*Lukiskan skematik kapal terbang itu dengan sayapnya yang disapu. Kirakan  $M_{cr}$  baru untuk konfigurasi sayap yang disapu. Terangkan bagaimana  $M_{cr}$  boleh ditingkatkan dengan menyapu sayap itu. Apakah kelebihan meninggikan  $M_{cr}$ ?*

**(10 marks/markah)**

- (b) Show that the pressure coefficient at the minimum-pressure point can be related to the freestream Mach number ( $M_\infty$ ) by the following equation:

$$C_{p,cr} = \frac{2}{\gamma M_\infty^2} \left\{ \left[ \frac{2 + (\gamma - 1)M_\infty^2}{\gamma + 1} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} - 1 \right\}$$

*Tunjukkan bahawa koefisien tekanan pada titik tekanan minimum boleh dikaitkan dengan nombor Mach penerbangan ( $M_\infty$ ) dengan persamaan berikut:*

$$C_{p,cr} = \frac{2}{\gamma M_\infty^2} \left\{ \left[ \frac{2 + (\gamma - 1)M_\infty^2}{\gamma + 1} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} - 1 \right\}$$

**(8 marks/markah)**

- (c) To initially measure the  $M_{cr}$  for the unswept wing, the incompressible pressure coefficient ( $C_{p,0}$ ) at the minimum-pressure point on the airfoil was measured. This  $C_{p,0}$  has to be corrected using the compressibility correction formula. Write down the compressibility correction formula. Then, using the equation in (b), calculate the  $C_{p,0}$  for this airfoil in the unswept configuration.

*Untuk mengukur  $M_{cr}$  pada sayap yang tidak disapu, koefisien tekanan untuk aliran tidak mampat ( $C_{p,0}$ ) pada titik tekanan minimum telah diukur.  $C_{p,0}$  ini perlu dibetulkan dengan menggunakan formula pembedahan mampatan. Tuliskan formula pembedahan mampatan. Kemudian, dengan menggunakan persamaan di (b), kirakan  $C_{p,0}$  untuk aerofoil ini pada konfigurasi sayap tidak-sapu.*

**(7 marks/markah)**

3. The Cessna Cardinal, a single-engine light plane, has a wing with an area of  $16.2 \text{ m}^2$  and an aspect ratio of 7.31. Assume the span efficiency factor is 0.62.

*Cessna Cardinal, sebuah kapal terbang ringan dengan sebuah enjin, mempunyai sayap dengan keluasan  $16.2 \text{ m}^2$  dan nisbah aspek 7.31. Andaikan faktor efisien span 0.62.*

- (a) If the airplane is flying at an altitude of 5 km above sea level with a velocity of 251 km/h, what is the induced drag when the total weight is 9800 N?

*Sekiranya kapal terbang itu terbang pada ketinggian 5 km di atas paras laut dengan halaju 251 km/h, berapakah daya seretan dorong bila jumlah berat ialah 9800 N?*

**(7 marks/markah)**

- (b) If the wing is made of a NACA 2412 airfoil, determine at what actual angle of attack is the aircraft flying at?

*Sekiranya sayap itu dibuat dari aerofoil NACA 2412, tentukan berapakah sudut serang sebenar di mana kapal terbang itu terbang?*

**(8 marks/markah)**

- (c) The induced drag is produced due to the finite wing. Explain how it is created.

*Daya seretan dorong dihasilkan kerana sayap itu sayap terhingga. Terangkan bagaimana ia dihasilkan.*

**(5 marks/markah)**

- (d) From the equation to calculate induced drag, there are 2 techniques to reduce the induced drag. Name both techniques and explain only one of them.

*Dari persamaan untuk mengira daya seretan sorong, terdapat 2 cara untuk mengurangkan daya seretan sorong. Namakan kedua-dua cara itu dan terangkan salah satu daripadanya.*

**(5 marks/markah)**

**PART B: CHOOSE ONLY 2 QUESTIONS.**  
**BAHAGIAN B: PILIH 2 SOALAN SAHAJA.**

4. (a) Explain why do astronauts in space are not in a “zero gravity” environment and why is free fall a better description of the gravity environment? Also, describe an example of the effect of microgravity towards a design of a spacecraft?

*Terangkan mengapa angkasawan di angkasa tidak berada dalam persekitaran “graviti sifar” dan mengapa jatuh bebas adalah gambaran yang lebih baik yang menggambarkan persekitaran graviti tersebut. Selain itu, huraikan juga satu contoh kesan mikrograviti terhadap rekabentuk kapal angkasa.*

**(5 marks/markah)**

- (b) A team of engineers is discussing on the best way to resolve the problem of a satellite being designed which will be placed in a Low Earth Orbit at about 400 km altitude. Its orbit inclination is about  $80^\circ$  from the equator which enables the satellite to perform coverage on South America. State the main probable problem for the satellite as being discussed by the engineers and describe how it happens.

*Sepasukan jurutera sedang berbincang cara terbaik untuk menangani masalah bagi sebuah satelit yang sedang direkabentuk yang akan ditempatkan di Orbit Rendah Bumi pada altitud lebih kurang 400 km. Kecondongan orbit satelit ini ialah lebih kurang  $80^\circ$  dari garisan khatulistiwa yang membolehkannya membuat liputan bagi kawasan ruang angkasa lepas Amerika Selatan. Nyatakan masalah utama yang mungkin dihadapi oleh satelit ini yang sedang dibincangkan oleh pasukan jurutera tersebut dan huraikan bagaimana ianya boleh berlaku.*

**(6 marks/markah)**

- (c) A spacecraft is launched to a Low Earth Orbit at about 700 km altitude. However the spacecraft will always be in danger when it moves from the night time region to the day time (facing the sun) region in space. List the risks faced by this spacecraft during that time and describe how it happens. In your opinion, will a spacecraft in Geosynchronous orbit shall face the same risk? Why or why not?

*Sebuah kapal angkasa dilancarkan ke Orbit Rendah Bumi pada altitud lebih kurang 700km. Bagaimanapun, kapal angkasa ini akan sentiasa berada dalam bahaya apabila ia bergerak daripada kawasan malam ke kawasan siang (menghadap matahari). Senaraikan risiko-risiko yang dihadapi oleh kapal angkasa ini semasa waktu berikut dan terangkan bagaimana ianya berlaku. Pada pandangan anda, adakah kapal angkasa di orbit Geosegerak akan menghadapi risiko yang sama? Kenapa atau kenapa tidak?*

**(6 marks/markah)**

- (d) A satellite is in a circular orbit around Earth with a radius of 20,000 km. This satellite is actually on its way to Mars. Therefore, the satellite needs to provide some thrust so that it can enter an escape orbit.
- (i) Determine the satellite's velocity in the circular orbit.
  - (ii) Determine the minimum velocity required to enter a parabolic trajectory at that radius.
  - (iii) Determine the difference in the specific mechanical energies of the two orbits.
  - (iv) Compare the result obtained in (iii) to the specific mechanical energy of the original circular orbit and state your observation.

*Sebuah satelit sedang mengelilingi Bumi dalam orbit bulat dengan radius 20,000 km. Satelit ini sebenarnya dalam perjalanan untuk ke planet Marikh. Oleh itu, satelit tersebut perlu menginjak membuat tujahan bagi membolehkannya memasuki orbit lepas.*

- (i) Tentukan halaju satelit itu semasa dalam orbit bulat.
- (ii) Tentukan halaju minimum yang diperlukan untuk memasuki trajektori parabolik dengan jejari tersebut.
- (iii) Tentukan perbezaan dalam tenaga kinetik spesifik kedua-dua orbit.
- (iv) Bandingkan jawapan di (iii) dengan nilai tenaga mekanik spesifik dalam orbit bulat yang asal dan nyatakan pemerhatian anda.

**(8 marks/markah)**



5. (a) In a vacuum environment, a spacecraft may experience unwanted anomalies. Explain three anomalies that may be experienced by a spacecraft in this vacuum environment and propose a way to mitigate each problem.

*Dalam persekitaran vakum, sebuah kapal angkasa boleh mengalami anomali-anomali yang tidak dingini. Terangkan tiga anomali yang boleh dialami oleh kapal angkasa yang disebabkan oleh persekitaran vakum dan beri cadangan cara untuk mengurangkan setiap masalah.*

**(6 marks/markah)**

- (b) The velocity of a spacecraft in an elliptical orbit is greatest at perigee due to conservation of specific mechanical energy. Relate this fact to Kepler's Second Law.

*Halaju kapal angkasa dalam orbit elips adalah maksimum pada perigee disebabkan oleh penyimpanan tenaga mekanik spesifik. Hubung kaitkan fakta ini dengan Hukum Kepler ke-2.*

**(3 marks/markah)**

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

$$R = \frac{k_1}{1 + k_2 \cos(\nu)}$$

- (i) Define the variables  $R$  and  $\nu$  represented in the equation in terms of spacecraft location. Also state the proper substitutes for  $k_1$  and  $k_2$  in the equation to include eccentricity of orbit.
- (ii) Draw a diagram of an elliptical orbit geometry of a spacecraft and label the location of :
- $\vec{R}$  = spacecraft's position vector measured from Earth's center
  - $\vec{V}$  = spacecraft's velocity vector
  - $R_p$  = radius of perigee
  - $R_a$  = radius of apogee
  - $\nu$
  - $\phi$  = flight path angle

*Semua orbit dwi-jasad adalah berbentuk seksyen kon dan diwakili oleh persamaan:*

$$R = \frac{k_1}{1 + k_2 \cos(\nu)}$$

- (i) *Berikan definisi pembolehubah  $R$  and  $\nu$  dalam persamaan tersebut. Nyatakan juga perwakilan yang sesuai untuk  $k_1$  dan  $k_2$  dalam persamaan tersebut yang melibatkan kesipian orbit.*
- (ii) *Lukis gambarajah bagi geometri orbit elips sebuah kapal angkasa dan labelkan lokasi yang berikut:*

- $\vec{R}$  = *spacecraft's position vector measured from Earth's center*
- $\vec{V}$  = *spacecraft's velocity vector*
- $R_p$  = *radius of perigee*
- $R_o$  = *radius of apogee*
- $\nu$
- $\phi$  = *flight path angle*

**(10 marks/markah)**

- (d) A Malaysian satellite is in Low Earth Orbit with an altitude at perigee of 325 km and an altitude at apogee of 1500 km.

- (i) What is the eccentricity?
- (ii) If the true anomaly is  $175^\circ$ , what is the satellite altitude?
- (iii) If the true anomaly is  $270^\circ$ , is the flight path angle positive or negative?

*Sebuah satelit Malaysia berada dalam Orbit Rendah Bumi dengan altitud pada perige 325km dan altitud pada apogee 1500 km.*

- (i) *Apakah nilai kesipiannya?*
- (ii) *Sekiranya anomali benar ialah  $175^\circ$ , apakah nilai bagi altitud satelit tersebut?*
- (iii) *Sekiranya anomali benar ialah  $270^\circ$ , adakah nilai sudut laluan penerbangan positif atau negatif?*

**(6 marks/markah)**

6. (a) Use this mission scenario to answer the following questions: ANGKASA (Malaysian Space Agency) launches its latest satellite through Ariane V from Kourou, French Guyana, on a mission to deploy spacecraft that will monitor the East-Asean Region's upper atmosphere. Once deployed, from the launcher's low parking orbit, an inertial upperstage (IUS) will boost the spacecraft into its transfer orbit and then to its final orbit. Once in place, it will monitor East-Asean Region's atmosphere and relay the data to scientists on Earth through the Tracking and Data Relay satellite (TDRS).
- (i) State the mission statement of the satellite and the mission subject.
  - (ii) Before launching the satellite, a launch window needs to be determined. What needs to be considered in determining the launch window?
  - (iii) List the possible payloads for the satellite.
  - (iv) Describe the difference between a parking orbit, a transfer orbit and a final orbit.
  - (v) What part of the elements of a space mission does TDRS play in this mission?

*Gunakan senario misi yang berikut dalam menjawab soalan yang seterusnya: ANGKASA (Agensi Angkasa Malaysia) melancarkan satelit terkininya melalui Ariane V daripada Kourou, French Guyana, dalam misi untuk menghantar kapal angkasa yang akan memantau lapisan atas atmosfera di rantau Asia Timur. Sebaik sahaja satelit dibuka, daripada orbit singgah pelancar, satu daya inersia tingkat-atas digalakkan untuk menghantar satelit itu ke orbit pindah dan kemudiannya ke orbit akhir. Di orbit akhir, satelit tersebut akan memantau atmosfera bagi rantau Asia Timur dan menghantar data kepada para saintis di Bumi melalui "Tracking and Data Relay satellite (TDRS)".*

- (i) Berikan kenyataan misi satelit tersebut dan subjeknya.
- (ii) Sebelum pelancaran satelit, jendela pelancaran perlu ditentukan. Apakah yang perlu diteliti dalam menentukan jendela pelancaran yang sesuai.
- (iii) Senaraikan beban bayar yang mungkin diperlukan oleh satelit tersebut.
- (iv) Huraikan perbezaan di antara orbit singgah, orbit pindah dan orbit akhir.
- (v) Bahagian elemen misi angkasa yang manakah yang diwakili oleh TRDS dalam misi ini.

**(12 marks/markah)**

- (b) A scientific satellite at one point in its orbit has these orbital elements:

semimajor axis = 7500 km  
 eccentricity = 0.4  
 inclination =  $60^\circ$   
 right ascension of the ascending node =  $170^\circ$   
 argument of perigee =  $90^\circ$   
 true anomaly =  $130^\circ$

- (i) Sketch a picture of the orbit and mark the position of the satellite.
- (ii) Determine the period of the satellite in completing its orbit.
- (iii) Is this a direct or retrograde orbit?

*Sebuah satelit saintifik pada suatu masa tertentu dalam orbitnya mempunyai elemen-elemen orbit seperti di atas.*

*semimajor axis = 7500 km  
 eccentricity = 0.4  
 inclination =  $60^\circ$   
 right ascension of the ascending node =  $170^\circ$   
 argument of perigee =  $90^\circ$   
 true anomaly =  $130^\circ$*

- (i) Lakarkan gambarajah orbit satelit tersebut dan tandakan posisi satelit.*
- (ii) Tentukan masa yang diambil oleh satelit itu dalam membuat satu putaran orbitnya.*
- (iii) Adakah ini orbit terus atau songsang?*

**(8 marks/markah)**

- (c) Describe how does the density and pressure of the Earth's atmosphere changes with altitude and the implications of this phenomenon towards an orbiting spacecraft.

*Terangkan bagaimana ketumpatan dan tekanan atmosfera Bumi berkadar dengan altitud dan implikasi fenomena ini terhadap sebuah kapal angkasa yang mengorbit bumi.*

**(5 marks/markah)**