
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2015/2016 Academic Session

June 2016

ESA 244/2 – Aerodynamics
[Aerodinamik]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please ensure that this paper contains **NINE (9)** printed pages and **FIVE (5)** questions before you begin examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan].*

Instructions : Answer **ALL** of the questions.

Arahan : Jawab **SEMUA** soalan.

Answer all questions in English only.

[Jawab semua soalan di dalam Bahasa Inggeris sahaja].

Each answer must begin from a new page.

[Setiap jawapan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru].

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunakan].

For the questions that require explanation, you are expected to answer the questions as detailed as possible with properly and fully constructed sentences to receive full credits.

[Bagi soalan-soalan yang memerlukan penerangan, anda di minta untuk menjawab soalan-soalan tersebut secara terperinci dengan menggunakan ayat yang disusun lengkap untuk menerima kredit yang penuh].

Each student is allowed to bring an A4-sized sheet of self-prepared two-page summary note.

[Setiap pelajar dibenarkan untuk membawa sehelai nota ringkasan bersaiz A4 yang mempunyai dua mukasurat yang ditulis sendiri].

Partial credits will be given accordingly to the work shown correctly.

[Sebahagian kredit akan diberikan secara berpatutan untuk jalan kerja yang ditunjukkan dengan betul].

1. You went to climb the Mount Kinabalu, Sabah with your friend last holiday break. At a standard altitude of 3.035 km, your friend was wondering the exact values of pressure, density and temperature at that altitude. As a very good student of Aerospace Engineering, who has learned the temperature distribution in the standard atmosphere in the Aerodynamics course, **calculate** the standard atmospheric values of **temperature**, **pressure** and **density** at that altitude. You can use the temperature distribution in **Figure 1** below as your reference.

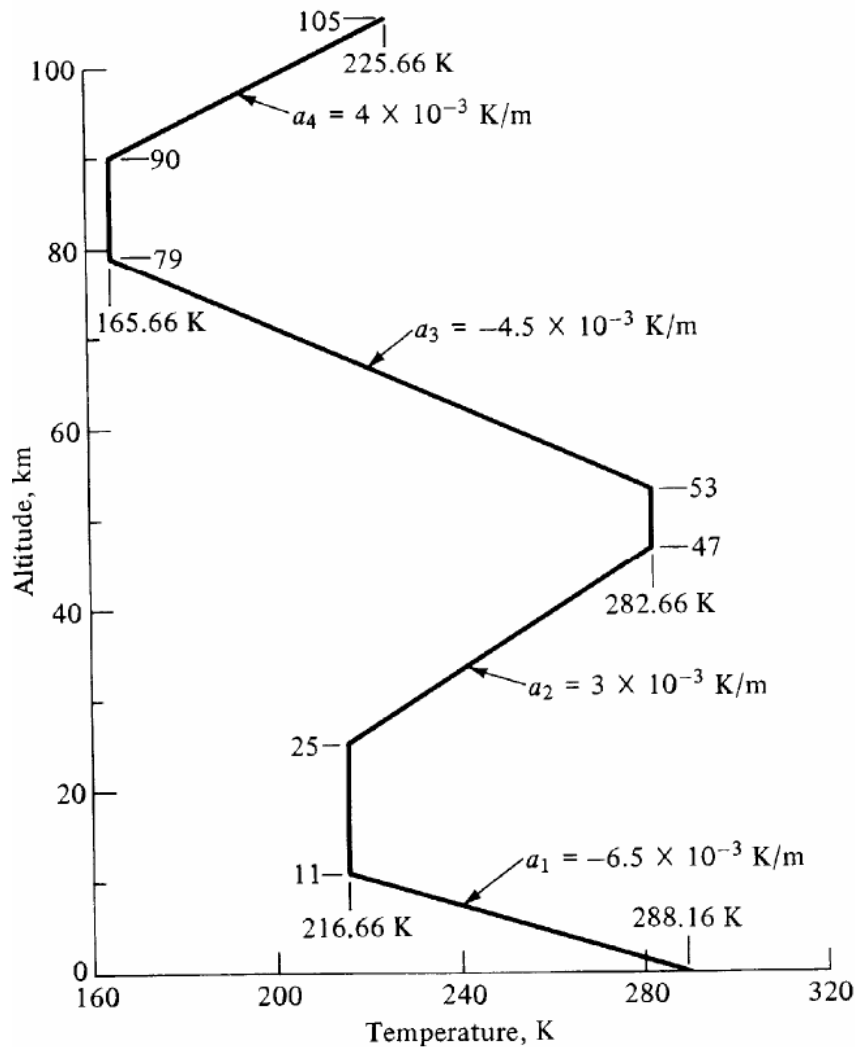


Figure 1: Temperature distribution

(10 marks)

2. You are planning to test a finite wing with an aspect ratio of 8 in the new USM wind tunnel. The airfoil section of the wing is a cambered airfoil with an infinite-wing lift slope of 0.15 per degree and the airfoil lift is zero at negative 2 degrees. The lift-to-drag ratio for this wing is 20 when the wing lift coefficient is equal to 0.2. If the angle of attack remains the same, and the aspect ratio is simply increased to 10 by adding extensions to the span of the wing, calculate the **new value of the total wing drag coefficient**. Assume that the span effectiveness factors $e = e_1 = 0.92$ for both cases.

(20 marks)

3. A wing with a rectangular platform has the following characteristics summarized in **Table 1** below:

Table 1

Span	10 m
Span effectiveness	0.92
Chord	2 m

The wing is flying at standard sea level conditions at a speed of 50 m/s and a geometric angle of attack = 10° . The lift is zero at negative 3 degrees. The wing has an airfoil section with the lift curve gradient of 0.12 per degree. The sum of drag coefficient due to the skin friction and flow separation for the airfoil is given as 0.015. Calculate:

- [a] The wing **lift coefficient**

(10 marks)

- [b] The wing **total drag coefficient**

(5 marks)

- [c] The **downwash velocity** behind the wing.

(5 marks)

4. Based on **Figure 2** below, a flat plate of 10 ft span and 6 ft chord is placed in an air stream of 100 mph under standard sea level conditions. Refer **Table 2** for required information.

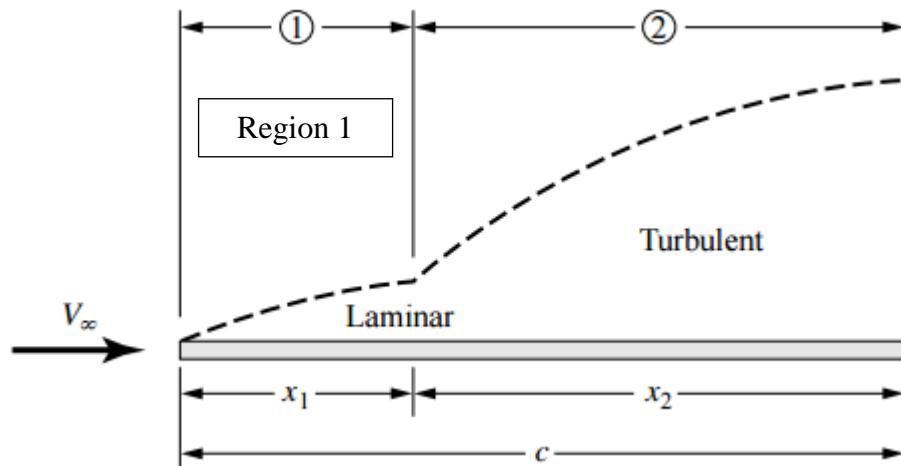


Figure 2: Laminar and turbulent flow over a flat plate

Table 2

Altitude		Temperature T , °R	Pressure p , lb/ft ²	Density ρ , slugs/ft ³
h_G , ft	h , ft			
-1,500	-1,500	524.04	2.2335 + 3	2.4830 - 3
-1,000	-1,000	522.25	2.1938	2.4473
-500	-500	520.47	2.1547	2.4119
0	0	518.69	2.1162	2.3769
500	500	516.90	2.0783	2.3423

[Additional information: Viscosity, $\mu = 3.737 \times 10^{-7}$ slug/(s.ft) ; 1 mile = 5280 ft]

- [a] If the transition Reynolds number is 10^5 , calculate the **transition value**, x_1 . (5 marks)
- [b] Based on question (a), calculate the **skin friction drag** for Region 1. (5 marks)
- [c] Assuming a completely turbulent boundary layer along the entire plate, calculate the **skin friction drag** for the entire plate. (5 marks)
- [d] In reality, the airflow always start out from the leading edge as laminar. Then, at some point downstream, the laminar boundary layer becomes unstable and turbulence region begin to grow. Assuming the transition region is negligible, estimate the **total skin friction drag** for the entire plate. Compare and discuss the differences for the values obtained in (c) and (d). (10 marks)

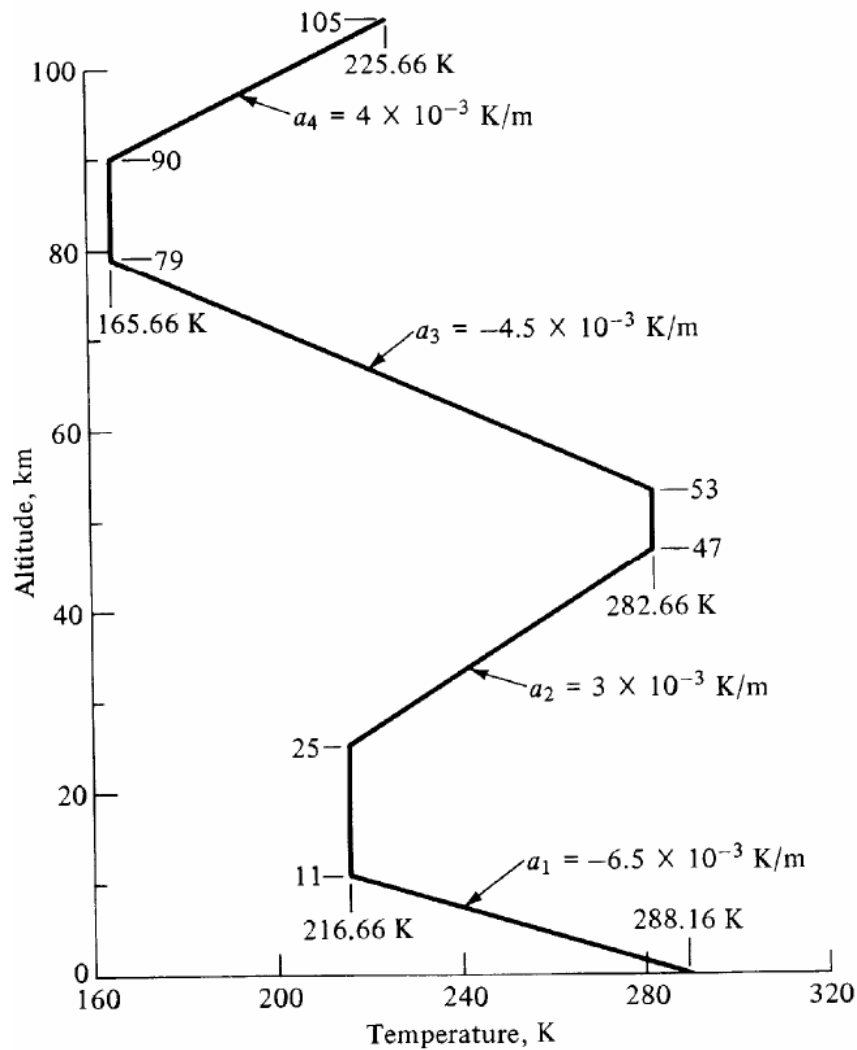
5. Let a steady, two-dimensional flow field be given by:

$$u = -2y(1-x^2) \qquad v = 2x(1-y^2)$$

- [a] Show that this flow field satisfies conservation of mass for an incompressible flow. **(5 marks)**
- [b] Determine the stream function for this flow field. **(5 marks)**
- [c] Calculate $\Delta\psi$, the Laplacian of the stream function. **(5 marks)**
- [d] What does minus the Laplacian of the stream function, $-\Delta\psi$, physically represent? Show the relations between the functions. **(5 marks)**
- [e] Suppose that a fluid particle starts in the box $-1 \leq x \leq 1$ and $-1 \leq y \leq 1$. From (b), show that this particle will always remain in this box. **(5 marks)**

1. Anda pergi mendaki bersama rakan di Gunung Kinabalu, Sabah semasa cuti yang lalu. Rakan anda ingin mengetahui nilai tekanan, ketumpatan dan suhu pada ketinggian 3.035 km. Sebagai pelajar kejuruteraan Aeroangkasa yang telah mempelajari taburan suhu di atmosfera dalam kursus Aerodinamik, hitung nilai suhu, tekanan dan ketumpatan pada ketinggian berkenaan. Anda boleh menggunakan taburan suhu dalam **Gambarajah 1** sebagai rujukan.

(10 markah)



Gambarajah 1: Taburan suhu

2. Anda bercadang untuk menguji sebuah sayap terhingga dengan nisbah aspek 8 di dalam terowong angin USM yang baru. Sayap berkenaan mempunyai aerofoil yang mempunyai kamber dengan nilai kecerunan angkat 0.15 setiap darjah dan daya angkat sifar aerofoil pada negatif 2 darjah. Nisbah angkat dan seret sayap tersebut ialah 20 apabila pemalar angkat sayapnya bersamaan dengan 0.2. Sekiranya sudut serangannya kekal sama dan nisbah aspek ditingkatkan menjadi 10 dengan menambahkan rentang sayapnya, hitung nilai baru bagi keseluruhan pemalar seret sayap. Anggapkan faktor efektif rentang adalah $e = e_1 = 0.92$ bagi kedua-dua kes.

(20 markah)

3. Sebuah sayap berbentuk segiempat tepat mempunyai ciri-ciri yang diringkaskan dalam **Jadual 1** berikut:

Jadual 1

Rentang sayap	10 m
Faktor efektif rentang sayap	0.92
Panjang rentas	2 m

Sayap tersebut terbang pada kedudukan paras laut berkelajuan 50 m/s dan sudut serangan geometriknya = 10° . Daya angkatnya sifar pada negatif 3 darjah. Sayap tersebut mempunyai aerofoil yang kecerunan angkatnya 0.12 setiap darjah. Jumlah pemalar seret bagi aerofoil yang disebabkan oleh geseran kulit dan pemisahan aliran adalah 0.015. Hitung nilai :

[a] Pemalar angkat sayap.

(10 markah)

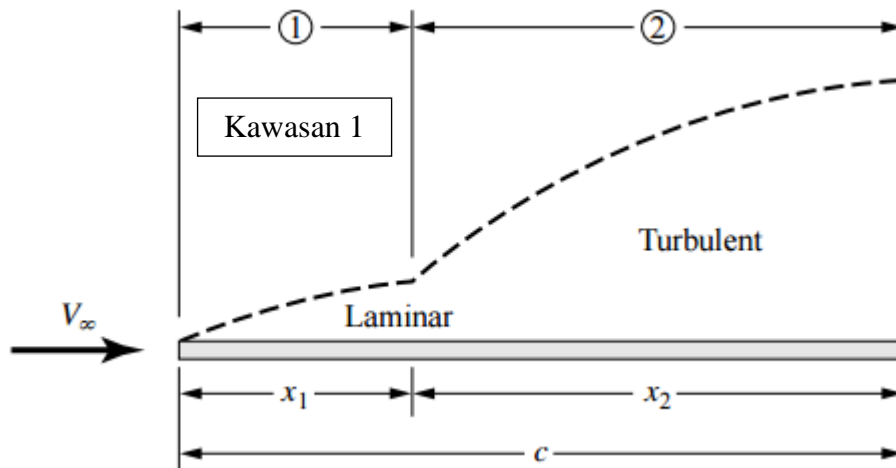
[b] Jumlah pemalar seret sayap.

(5 markah)

[c] Halaju landa bawah di belakang sayap.

(5 markah)

4. Berdasarkan **Gambarajah 2** di bawah, sebuah plat rata yang berukuran 10 kaki rentang sayap dan 6 kaki panjang rentas diletakkan dalam aliran udara yang berkelajuan 100 batu per jam pada aras laut. Rujuk **Jadual 2** untuk mendapatkan maklumat yang berkaitan.



Gambarajah 2: Aliran lamina dan aliran bergelora merentasi plat rata

Jadual 2

Altitude		Temperature T , °R	Pressure p , lb/ft ²	Density ρ , slugs/ft ³
h_G , ft	h , ft			
-1,500	-1,500	524.04	2.2335 + 3	2.4830 - 3
-1,000	-1,000	522.25	2.1938	2.4473
-500	-500	520.47	2.1547	2.4119
0	0	518.69	2.1162	2.3769
500	500	516.90	2.0783	2.3423

[Maklumat tambahan: Kelikatan, $\mu = 3.737 \times 10^{-7}$ slug/(s.ft) ; 1 batu = 5280 kaki]

- [a] Sekiranya nombor Reynolds bagi peralihan udara ialah 10^5 , hitung nilai peralihan, x_1 .
(5 markah)
- [b] Berdasarkan **soalan (a)**, hitung nilai seretan geseran kulit bagi **Kawasan 1**.
(5 markah)
- [c] Andaikan seluruh plat rata diselubungi dengan aliran bergelora sepenuhnya, hitung nilai seretan geseran kulit bagi seluruh plat rata tersebut.
(5 markah)
- [d] Secara realiti, aliran udara sentiasa bermula daripada pinggir depan sebagai aliran lamina. Selepas itu, aliran udara akan bermula menjadi tidak stabil dan aliran bergelora akan terbentuk. Andaikan kawasan peralihan boleh diabaikan, anggarkan nilai seretan geseran kulit bagi keseluruhan plat rata tersebut. Bandingkan dan bincangkan perbezaan nilai-nilai yang diperolehi dari (c) dan (d).
(10 markah)

5. Berikut ialah persamaan bagi medan aliran dua dimensi yang stabil :

$$u = -2y(1-x^2)$$

$$v = 2x(1-y^2)$$

[a] Buktikan medan aliran udara tersebut memenuhi prinsip pengabadian jisim untuk aliran tidak mampat.

(5 markah)

[b] Tentukan fungsi strim untuk medan aliran tersebut.

(5 markah)

[c] Hitung $\Delta\psi$, fungsi strim Laplacian bagi aliran tersebut.

(5 markah)

[d] Apakah yang dimaksudkan dengan negatif fungsi strim Laplacian, $-\Delta\psi$? Tunjukkan perkaitan antara fungsi-fungsi tersebut.

(5 markah)

[e] Sepatutnya zarah bendalir bermula dalam lingkungan $-1 \leq x \leq 1$ dan $-1 \leq y \leq 1$. Daripada **soalan (b)**, tunjukkan bahawa zarah bendalir tersebut akan sentiasa berada dalam lingkungan tersebut.

(5 markah)

ooo000ooo