

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2013/2014 Academic Session

June 2014

**ESA 368/3 High Speed Aerodynamic**  
*[Aerodinamik Berkelajuan Tinggi]*

Duration : 2 hours  
*[Masa : 2 jam]*

---

Please ensure that this paper contains **SIX (6)** printed pages and **THREE (3)** questions before you begin examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** mukasurat bercetak dan **TIGA (3)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan].*

**Instructions** : Answer **THREE (3)** questions.

**Arahan** : Jawab **TIGA (3)** soalan].

Answer all questions in English only.

*[Jawab semua soalan di dalam Bahasa Inggeris sahaja].*

Each question must begin from a new page.

*[Setiap soalan 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 diguna pakai].*

*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.

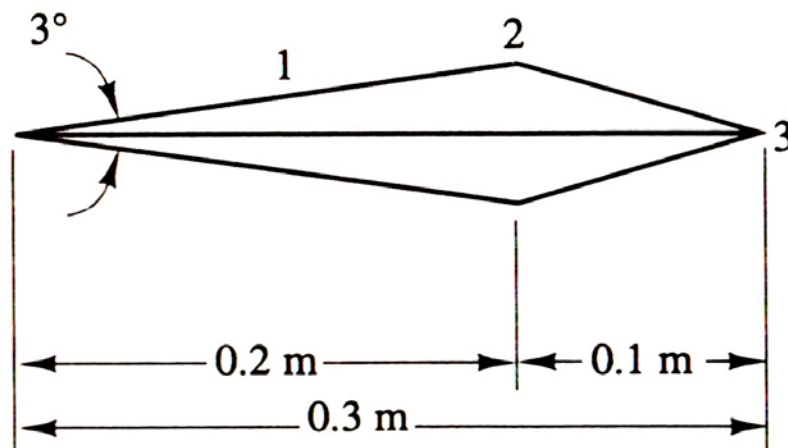
*[Sebahagian kredit akan diberikan secara berpatutan untuk jalan kerja yang ditunjukkan dengan betul].*

For standard air, use  $R = 287 \text{ J/kg.K}$  and  $\gamma = 1.4$ .

*[Untuk udara biasa gunakan  $R = 287 \text{ J/kg.K}$  dan  $\gamma = 1.4$ ].*

1. Air flows through a convergent-divergent duct with an inlet area of  $5 \text{ cm}^2$  and an exit area of  $3.8 \text{ cm}^2$ . At the inlet section the air velocity is  $100 \text{ m/s}$ , the pressure is  $680 \text{ kPa}$ , and the temperature is  $330 \text{ K}$ . Assume that the flow is isentropic throughout the nozzle. Answer the following:
- [a] Draw the flow diagram, including the nozzle. Find simple approximations to the velocity and pressure at the exit  
**(10 marks)**
- [b] State and comment on your assumptions for Question 1a above and explain whether your calculation is reliable.  
**(10 marks)**
- [c] Recommend a strategy of how you would find accurate values to the exit velocity and exit pressure.  
**(10 marks)**
2. A shock moves into air that is itself moving at a speed of  $10 \text{ m/s}$  towards the shock. The air is at  $T = 298 \text{ K}$  and  $P = 150 \text{ kPa}$ . The air behind the shock is moving at a speed of  $300 \text{ m/s}$  towards the shock. Answer the following questions:
- [a] Draw the flow diagram. Describe the strategy to solve for the shock velocity.  
**(10 marks)**
- [b] Determine the velocity of the shock with an accuracy of 99%. Solve this problem by using relevant equations without using the flow tables.  
**(15 marks)**
- [c] What are the static and stagnation pressures behind the moving shock wave?  
**(10 marks)**

3. In **Figure Q3**, the geometry of a two-dimensional supersonic aircraft is shown. The aircraft is flying at sea level with a free stream Mach number of 2.5 and an angle of attack of 1.5 degrees. Assume the standard sea level pressure of 101 kPa and a density of  $1.225 \text{ kg/m}^3$  for the ambient air surrounding the aircraft. Compute:
- [a] The static pressures on all the surfaces of the aircraft. You must draw the schematic diagram of the problem first. **(20 marks)**
- [b] The velocity and direction of the air flow (relative to the aircraft) on the top surface after the flow has expanded. **(5 marks)**
- [c] Its lift and drag coefficients. **(10 marks)**



**Figure Q3:** A diamond-shaped supersonic vehicle.

1. Udara bergerak melalui corong menirus-mencapah dengan keluasan seksyen masuk  $5 \text{ cm}^2$  dan keluasan seksyen keluar  $3.8 \text{ cm}^2$ . Kelajuan udara di seksyen masuk adalah  $100 \text{ m/s}$ , dengan tekanan  $680 \text{ kPa}$  dan suhu  $330 \text{ K}$ . Andaikan aliran isentropik di dalam corong tersebut. Jawab soalan-soalan berikut:
- [a] Lakarkan diagram aliran tersebut, termasuk corong. Cari anggaran yang mudah untuk halaju dan tekanan di seksyen keluar. **(10 markah)**
- [b] Nyatakan dan berikan komen pada andaian-andaian yang digunakan di **Soalan 1[a]** di atas dan jelaskan samada jawapan tersebut boleh diterima-pakai. **(10 markah)**
- [c] Syorkan satu strategi untuk anda mencari nilai-nilai tepat bagi halaju dan tekanan di seksyen keluar. **(10 markah)**
2. Satu gelombang kejutan bergerak ke arah udara yang sendirinya bergerak selaju  $10 \text{ m/s}$  ke arah kejutan tersebut. Udara tersebut berada pada  $T = 298 \text{ K}$  dan  $P = 150 \text{ kPa}$ . Udara di belakang kejutan bergerak selaju  $300 \text{ m/s}$  ke arah gelombang. Jawab soalan-soalan berikut:
- [a] Lakarkan diagram aliran tersebut. Jelaskan strategi untuk menyelesaikan halaju gelombang. **(10 markah)**
- [b] Tentukan halaju gelombang tersebut dengan ketepatan 99%. Selesaikan masalah ini dengan menggunakan formula yang relevan tanpa menggunakan carta aliran. **(15 markah)**
- [c] Berapa nilai-nilai tekanan statik dan genang di belakang gelombang kejutan tersebut? **(10 markah)**

3. **Gambarajah S3** menunjukkan geometri bagi sebuah pesawat supersonik dua dimensi. Pesawat tersebut terbang di paras laut dengan nombor Mach aliran bebas sebanyak 2.5 dan sudut serang 1.5 darjah. Andaikan udara di paras laut di sekeliling pesawat tersebut berada pada tahap standard dengan tekanan 101 kPa dan isipadu  $1.225 \text{ kg/m}^3$ . Kirakan:

[a] Tekanan statik dikesemua permukaan pesawat tersebut. Anda perlu melakarkan diagram skematik masalah di atas dahulu.

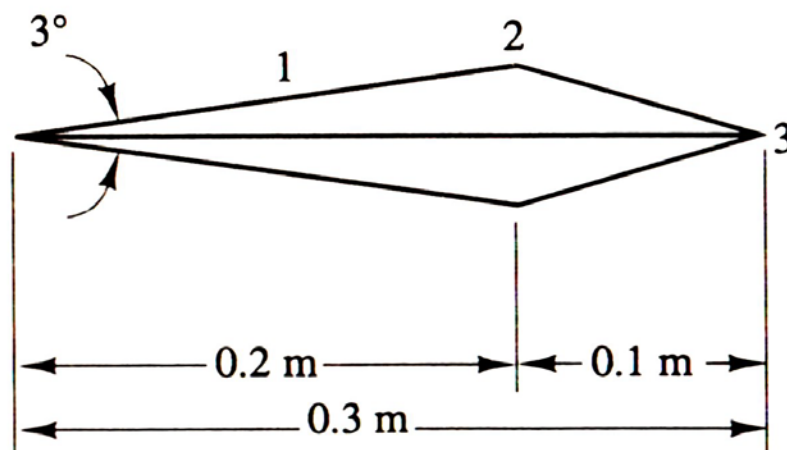
(20 markah)

[b] Halaju dan arah aliran udara (relatif kepada pesawat) di permukaan atas selepas aliran tersebut mengembang.

(5 markah)

[c] Pekali-pekali daya angkat dan daya seret pesawat.

(10 markah)



**Gambarajah S3:** Sebuah pesawat supersonik berbentuk berlian.

ooo000ooo