
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2007/2008 Academic Session
*Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2007/2008*

October/November 2007
Oktober/November 2007

ESA 341/3 – Gasdynamics
Gasdinamik

Duration : 3 hours
[Masa: 3 jam]

INSTRUCTION TO CANDIDATES

ARAHAN KEPADA CALON

Please ensure that this paper contains **EIGHT (8)** printed pages and **FIVE (5)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN (8)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FOUR (4)** questions.

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

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

Pelajar boleh menjawab soalan dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia.

Each questions must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

1. (a) The value of C_v for air is 717 J/kgK. The value of $R=287$ J/kgK. Calculate the specific enthalpy of air at 20°C . Derive a relation connecting C_p , C_v , R . Use this relation to calculate C_p for air using the information above.

Nilai C_v untuk udara ialah 717 J/kgK. Nilai R ialah 287 J/kgK. Kirakan nilai entalpi udara yang bersuhu 20°C . Terbitkan satu persamaan yang mengaitkan C_p , C_v , R . Gunakan persamaan ini untuk mengira C_p untuk udara dengan menggunakan maklumat yang telah diberikan.

(10 marks/markah)

- (b) An aircraft is flying at 80m/s at sea level where the temperature is 20°C , density is 1.225kg/m³ and pressure is 1030.1mbar. Assuming $R=287$ J/kgK what Mach number is the aircraft flying? Air stagnates near the leading edge. Assuming isentropic compressible flow calculate the stagnation pressure. Assuming incompressible flow, use Bernoulli's equation to calculate the stagnation pressure. Can we use the incompressible flow assumption for this Mach number?

Sebuah pesawat terbang pada kelajuan 80m/s pada paras laut dengan suhu 20°C , ketumpatan 1.225kg/m³ dan tekanan 1030.1mbar. Anggapkan $R=287$ J/kgK, kirakan nombor Mach pesawat tersebut. Udara tergenang hampir dengan pinggir depan. Anggapkan aliran ialah mampat dan seentropi, kirakan tekanan genangan. Anggapkan pula aliran tersebut tidak mampat, gunakan persamaan Bernoulli untuk mengira tekanan genangan. Adakah boleh kita menganggapkan aliran ialah bersifat tidak mampat untuk nombor Mach yang sebegini?

(15 marks/markah)

2. (a) Derive an equation for speed of sound from the perfect gas relation.

Terbitkan persamaan untuk kelajuan bunyi daripada hubungan gas sempurna.

(5 marks/markah)

- (b) A stream of air travelling at 500 m/s with a static pressure of 70 kPa and a static temperature of 300K undergoes a normal shock wave. Determine:

- (i) The Mach number and velocity after the normal shock,
- (ii) The static conditions after the normal shock,
- (iii) The total (i.e. stagnation) conditions after the normal shock, and
- (iv) The entropy change across the normal shock.

Satu alur udara bergerak dengan kelajuan 500 m/s dengan tekanan statiknya 70 kPa dan suhu statiknya 300K melalui satu kejutan gelombang normal. Carikan

- (i) *Nombor Mach dan halaju selepas kejutan gelombang normal tersebut.*
- (ii) *Ciri-ciri statik aliran selepas kejutan gelombang normal tersebut.*
- (iii) *Ciri-ciri genangan selepas kejutan gelombang normal tersebut.*
- (iv) *Perubahan entropi apabila melalui kejutan gelombang normal tersebut.*

(12 marks/markah)

- (c) Consider a supersonic flow with $M = 2$, $p = 1 \text{ atm}$, and $T = 288\text{K}$. The flow is deflected at a compression corner through 20° . Calculate M , p , T , p_0 and T_0 behind the resulting oblique shock wave.

Satu aliran supersonik dengan $M = 2$, $p = 1 \text{ atm}$, and $T = 288\text{K}$. Aliran tersebut terpesong pada sudut mampatan 20° . Kirakan M , p , T , p_0 and T_0 dikedudukan selepas berlakunya kejutan gelombang serong.

(8 marks/markah)

3. (a) Draw and describe about the implication of Mach number $M=0$, $M=0.5$ and $M=2.0$ on the sound wave. Show that the semi-angle of the Mach cone (μ) is given by $\sin \mu = 1/M$.

Lukiskan dan terangkan kesan nombor Mach $M=0$, $M=0.5$ dan $M=2.0$ ke atas gelombang bunyi. Tunjukkan separa-sudut corong Mach (μ) boleh diwakili oleh persamaan $\sin \mu = 1/M$.

(12 marks/markah)

- (b) Estimate the speed of sound of carbon monoxide at 300 degrees Celcius.

Anggarkan kelajuan bunyi karbon monoksida pada suhu 300°C .

(3 marks/markah)

- (c) Air is expanded through a convergent-divergent nozzle from a large reservoir in which the pressure and temperature are 600 kPa and 313 K, respectively. The design back pressure is 100 kPa. Find:

- (i) The ratio of the nozzle exit area to the nozzle throat area.
- (ii) The discharge velocity from the nozzle outlet under design conditions.
- (iii) At which back pressure will there be a normal shock wave at the outlet plane of the nozzle?

Satu aliran udara mengalir daripada sebuah takungan besar dan kemudian dikembangkan melalui satu corong tumpu-capah dengan tekanan 600 kPa dan suhu 313 K. Tekanan balik ialah 100 kPa. Kirakan:

- (i) *Nisbah keluasan antara corong keluar dengan corong kerongkongan.*
- (ii) *Kelajuan luahan daripada corong keluar apabila dikenakan keadaan rekabentuk.*
- (iii) *Kirakan tekanan balik yang menyebabkan berlakunya kejutan gelombang normal pada satah keluar corong tersebut.*

(10 marks/markah)

4. (a) Describe and draw two physical phenomena associated with the oblique shock wave.

Terangkan dan lukiskan dua fenomena fizikal yang dikaitkan dengan kejutan gelombang serong.

(8 marks/markah)

- (b) Define a subsonic and supersonic edge. Calculate the Mach number normal to the edges shown below and say whether they are subsonic, sonic, or supersonic at a flight Mach number $M=2$.

What is Mach angle? Mark in the Mach cones from the points labeled A to I below and shade any areas which will behave as though they are part of an infinite straight or infinite swept wing.

What is the advantage of having a subsonic leading edge?

Berikan maksud pinggir subsonik dan supersonik. Kirakan nombor Mach yang bersudut normal pada pinggir-pinggir model yang ditunjukkan dalam rajah berikut dan kenalpasti samada ia adalah subsonik, sonik atau supersonik pada kelajuan nombor Mach $M=2$.

Apakah yang dimaksudkan dengan sudut Mach? Tandakan corong Mach pada rajah-rajah di bawah dan anggapkan model-model dalam rajah-rajah tersebut bersifat sayap lurus tak terhingga atau sayap tersapu tak terhingga.

Apakah kelebihan menggunakan pinggir depan?

5. (a) A bullet traveling at Mach 2.0 passes by a man, coming within 5 m of the man at its closest. How far beyond the man is the bullet before he hears it?

Sebuah peluru bergerak pada kelajuan Mach 2.0 melalui di samping seorang lelaki. Kedudukan terdekat antara peluru dan lelaki tersebut ialah 5 m. Berapa jauh peluru tersebut daripada lelaki itu sebelum dia mula mendengar bunyi peluru tersebut?

(3 marks/markah)

- (b) Calculate speed of sound for air and hydrogen at $T=15^{\circ}\text{C}$ given the molecular weights are 29 and 2 respectively. Why do sound waves travel more quickly in hydrogen? Why does speed of sound increase with temperature?

Kirakan kelajuan bunyi untuk udara dan hidrogen pada suhu $T=15^{\circ}\text{C}$ dengan berat molekul untuk udara ialah 29 dan hidrogen ialah 2. Mengapa gelombang bunyi bergerak lebih pantas dalam udara berbanding dengan hidrogen? Mengapa gelombang bunyi meningkat dengan peningkatan suhu?

(7 marks/markah)

- (c) Consider the double wedge intake shown below:
Compression occurs through two oblique shock wave and finally through a normal shock wave. Station (4) is immediately behind the normal shock.

Calculate the total pressure ratio P_{04}/P_1 . Compare this value with that achieved using

- (i) a simple pitot intake (the Mach number behind a Mach 3 normal shock is 0.475),
(ii) a fully isentropic intake.

Why is the latter never used in aerospace industry?

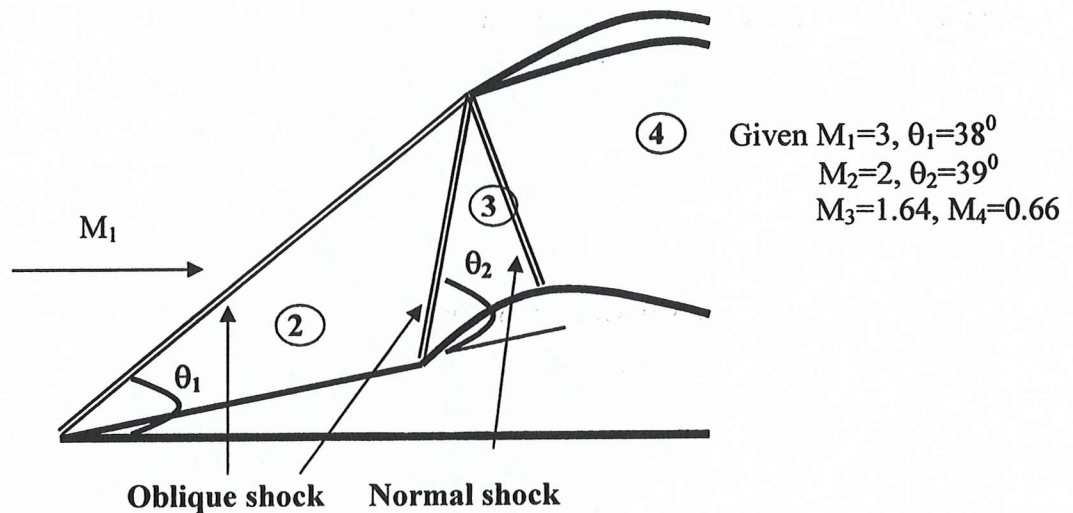
Sila lihat gambarajah di bawah:

Pemampatan berlaku akibat daripada 2 gelombang kejutan serong dan satu gelombang kejutan normal. Stesen 4 berada selepas gelombang normal.

Kirakan nilai nisbah tekanan genangan P_04/P_1 . Bandingkan nilai ini dengan menggunakan

- (i) pitot tiub ringkas (Nombor mach sebelum gelombang ialah Mach 3 dan selepas gelombang ialah mach 0.475)
- (ii) Pengambilan aliran bersifat seentropik.

Mengapakah kaedah (ii) tidak pernah digunakan dalam industri aeroangkasa?



(15 marks/markah)