

## ONDAS DE EXPANSIÓN PROBLEMAS

1) Fluye aire sobre una superficie convexa de  $20^\circ$  con un  $M_1=3$  y  $P_1=200\text{kPa}$ . Determine la presión y el número de mach para luego de la onda de expansión.

Datos:

$M_1=3$   
 $P_1=200\text{kPa}$   
 $\theta_1=20^\circ$

¿Qué se pide?

$M_2, P_2$

Hipótesis:

Aire  
 $k=1,4$   
 $R=287\text{J}/(\text{kgK})$   
Flujo Isentrópico  
Gas calóricamente perfecto

Ecuaciones y leyes:

$$\theta_2 = \nu(M_2) - \nu(M_1) \quad [1]$$

Tablas:

Función Prandtl-Meyer [PM]  
Flujo Isentrópico [FI]

Procedimiento:

- Con [PM], datos:  $\nu(M_1)$
- Con [1], a):  $\nu(M_2)$
- Con [PM], b):  $M_2$
- Con datos, [FI]:  $P_0/P_1, P_0/P_2$
- Con d), datos:  $P_2$

2) Un flujo de aire supersónico con  $M_1=2$ ,  $T_1=0^\circ\text{C}$  y  $P_1=20\text{kPa}$ , da vuelta a una esquina convexa. Si  $M_2=4$ . ¿Qué ángulo  $\theta$  debe tener la esquina? Calcule también  $T_2$  y  $u_2$ .

Datos:

$M_1=2$   
 $T_1=0^\circ\text{C}$   
 $P_1=20\text{kPa}$   
 $M_2=4$

¿Qué se pide?

$\theta_2, T_2, u_2$

Hipótesis:

Aire  
 $k=1,4$   
 $R=287\text{J}/(\text{kgK})$   
Flujo Isentrópico  
Gas calóricamente perfecto

Ecuaciones y leyes:

$$\theta_2 = \nu(M_2) - \nu(M_1) \quad [1]$$

$$a = \sqrt{kRT} \quad [2]$$

$$M = \frac{u}{a} \quad [3]$$

Tablas:

Función Prandtl-Meyer [PM]  
Flujo Isentrópico [FI]

Procedimiento:

- Con [PM], datos:  $\nu(M_1), \nu(M_2)$
- Con datos, [FI]:  $T_0/T_1, T_0/T_2$
- Con [1], a):  $\theta_2$
- Con datos, b):  $T_2$
- Con d), [2]:  $a_2$
- Con e), [3]:  $u_2$

3) Un campo de flujo con  $M_1=3,2$ ,  $P_1=50\text{kPa}$  se dirige hacia dos esquinas de  $30^\circ$ , cada una. Calcule el número de mach y la presión en la última zona del campo de flujo si: a) Primero se genera una onda de choque oblicua y luego una onda de expansión; b) Primero se genera una onda de expansión y luego una onda de choque oblicua.

Datos:

$M_1=3,2$   
 $P_1=50\text{kPa}$   
 $\theta=30^\circ$

¿Qué se pide?

$M_3, P_3$

Hipótesis:

Aire

$$k=1,4$$

$$R=287\text{J}/(\text{kgK})$$

Flujo Isentrópico

Onda de choque debil

Gas calóricamente perfecto

Ecuaciones y leyes:

$$\theta_2 = \nu(M_2) - \nu(M_1) \quad [1]$$

$$\tan \theta = 2 \cot \beta \cdot \left( \frac{M_1^2 \cdot \text{sen}^2 \beta - 1}{M_1^2 (k + \cos 2\beta) + 2} \right) \quad [2]$$

$$M_{N1} = M_1 \text{sen} \beta \quad [3]$$

$$M_{N2} = M_2 \text{sen}(\beta - \theta) \quad [4]$$

Tablas:

Función Prandtl-Meyer [PM]

Flujo Isentrópico [FI]

Choque Normal [CH]

Relación  $\theta$ - $\beta$ -M [ $\theta\beta$ M]

Procedimiento:

Para el inciso a)

a) Con [ $\theta\beta$ M], datos estimar:  $\beta_1$

b) Corregir a) con [2]:  $\beta_1$

c) Con [3], b):  $M_{N1}$

d) Con c), [CH]:  $M_{N2}, P_2/P_1$

e) Con [4], d):  $M_2$

f) Con e), [PM]:  $\nu(M_2)$

g) Con f), datos, [1]:  $\nu(M_3)$

h) Con g), [PM]:  $M_3$

i) Con e, h), [FI]:  $P_0/P_3, P_0/P_2$

j) Con i), d), datos:  $P_3$

Para el inciso b)

a) Con [PM], datos:  $\nu(M_1)$

b) Con datos, a):  $\nu(M_2)$

c) Con [PM], b):  $M_2$

d) Con datos, c), [FI]:  $P_0/P_1, P_0/P_2$

e) Con c), [ $\theta\beta$ M], datos estimar:  $\beta_2$

f) Corregir e) con [2]:  $\beta_2$

g) Con [3], f), c):  $M_{N2}$

h) Con g), [CH]:  $M_{N3}, P_3/P_2$

i) Con [4], h), f), datos:  $M_3$

j) Con h), d), datos:  $P_3$

4) Fluye aire a través de una cuña tipo diamante cuyo ángulo cóncavo y convexo es de  $15^\circ$  en condición supersónica. Se genera una de choque oblicua en la cara frontal de la cuña y en el vértice cóncavo se generan ondas de expansión. Aguas debajo de las ondas de expansión la presión estática y la de estancamiento valen  $0,1\text{atm}$  y  $2,596\text{atm}$  respectivamente. Determine el número de mach antes de la onda de choque oblicua.

Datos:

$$P_{03}=2,596\text{atm}$$

$$P_3=0,1\text{atm}$$

$$\theta=15^\circ$$

¿Qué se pide?

$M_1$

Hipótesis:

Aire

$$k=1,4$$

$$R=287\text{J}/(\text{kgK})$$

Flujo Isentrópico

Onda de choque debil

Gas calóricamente perfecto

Ecuaciones y leyes:

$$\theta_2 = \nu(M_2) - \nu(M_1) \quad [1]$$

$$\tan \theta = 2 \cot \beta \cdot \left( \frac{M_1^2 \cdot \text{sen}^2 \beta - 1}{M_1^2 (k + \cos 2\beta) + 2} \right) \quad [2]$$

$$M_{N1} = M_1 \text{sen} \beta \quad [3]$$

$$M_{N2} = M_2 \text{sen}(\beta - \theta) \quad [4]$$

Tablas:

Función Prandtl-Meyer [PM]

Flujo Isentrópico [FI]

Choque Normal [CH]

Relación  $\theta$ - $\beta$ -M [ $\theta\beta$ M]

Procedimiento:

a) Con datos, [FI]:  $M_3$

b) Con [PM], a):  $\nu(M_3)$

c) Con datos, b), [1]:  $\nu(M_2)$

d) Con [PM], c):  $M_2$

e) Asumir  $M_1 > 1$

f) Con e),  $[\theta\beta M]$ , datos estimar:  $\beta_1$

g) Corregir f) con [2]:  $\beta_1$

h) Con [3], g), e):  $M_{N1}$

i) Con h), [CH]:  $M_{N2}$

j) Con [4], d):  $M_2$

k) Con j), d):  $\delta$

l) Repetir e)  $\rightarrow$  k) hasta  $\delta \approx 0$

5) Un campo de flujo circula sobre una placa plana la cual tiene una inclinación convexa; con relación a las líneas de corriente horizontales, de  $8^\circ$ . El número de mach es de 2,5;  $P_1=100\text{kPa}$ ; la zona superior de la placa se generan ondas de expansión y en la zona inferior de la placa se generan ondas de choque oblicuas. Determine: 1) Para la zona superior: a) número de mach, b) presión estática. 2) Para la zona inferior: a) Angulo de inclinación de la onda de choque, b) número de mach y c) presión estática.

Datos:

$M_1=2,5$

$P_1=100\text{kPa}$

$\theta=8^\circ$

¿Qué se pide?

$M_2, P_2, v(M_2)$  [ONDA DE EXPANSIÓN]

$\beta_1, M_2, P_2$  [CHOQUE OBLICUO]

Hipótesis:

Aire

$k=1,4$

$R=287\text{J}/(\text{kgK})$

Flujo Isentrópico

Onda de choque debil

Gas calóricamente perfecto

Ecuaciones y leyes:

$$\theta_2 = v(M_2) - v(M_1) \quad [1]$$

$$\tan \theta = 2 \cot \beta \cdot \left( \frac{M_1^2 \cdot \sin^2 \beta - 1}{M_1^2 (k + \cos 2\beta) + 2} \right) \quad [2]$$

$$M_{N1} = M_1 \sin \beta \quad [3]$$

$$M_{N2} = M_2 \sin(\beta - \theta) \quad [4]$$

Tablas:

Función Prandtl-Meyer [PM]

Flujo Isentrópico [FI]

Choque Normal [CH]

Relación  $\theta$ - $\beta$ -M  $[\theta\beta M]$

Procedimiento:

Para el inciso 1)

a) Con [PM], datos:  $v(M_1)$

b) Con datos, a), [1]:  $v(M_2)$

c) Con [PM], b):  $M_2$

d) Con datos, c), [FI]:  $P_0/P_1, P_0/P_2$

j) Con d), datos:  $P_2$

Para el inciso 2)

a) Con  $[\theta\beta M]$ , datos estimar:  $\beta_1$

b) Corregir a) con [2]:  $\beta_1$

c) Con [3], b), datos:  $M_{N1}$

d) Con c), [CH]:  $M_{N2}, P_2/P_1$

e) Con [4], d):  $M_2$

f) Con datos, d):  $P_2$

6) Un campo de flujo sobre una cuña tipo diamante, cuyo ángulo cóncavo y convexo es de  $2^\circ$  y tiene una inclinación, con relación a las líneas de corriente horizontales, de  $8^\circ$ . El número de mach es de 2,5;  $P_1=100\text{kPa}$ . En la cara frontal de la cuña y en la zona superior de la cuña se generan ondas de expansión y en la zona inferior de la misma se generan ondas de choque oblicuo. En los vértices convexos de la cuña igualmente se generan ondas de expansión. Determine: 1) Para las zonas donde se generan ondas de expansión: a) número de mach, b) presión estática, y función Prandtl – Meyer. 2) Para la zona donde se generan onda de choque oblicuo. A) Angulo de inclinación de la onda de choque, b) número de mach y c) presión estática.

Datos:

$\gamma=2^\circ$

$\alpha=8^\circ$

$M_1=2,5$

$P_1=100\text{kPa}$

¿Qué se pide?

$M_2, P_2, v(M_2)$

$M_3, P_3, v(M_3)$

$\beta_2', M_2', P_2'$

$\beta_3', M_3', P_3'$

Hipótesis:

Aire

## Dinámica de Gases – Preparaduría Docente – Ondas de Expansión PROBLEMAS

$$k=1,4$$

$$R=287\text{J}/(\text{kgK})$$

Flujo Isentrópico

Onda de choque debil

Gas calóricamente perfecto

Ecuaciones y leyes:

$$\theta_2 = \nu(M_2) - \nu(M_1) \quad [1]$$

$$\tan \theta = 2 \cot \beta \cdot \left( \frac{M_1^2 \cdot \text{sen}^2 \beta - 1}{M_1^2 (k + \cos 2\beta) + 2} \right) \quad [2]$$

$$M_{N1} = M_1 \text{sen} \beta \quad [3]$$

$$M_{N2} = M_2 \text{sen}(\beta - \theta) \quad [4]$$

Tablas:

Función Prandtl-Meyer [PM]

Flujo Isentrópico [FI]

Choque Normal [CH]

Relación  $\theta$ - $\beta$ -M [ $\theta\beta$ M]

Procedimiento:

a) Con datos,[1]:  $\nu(M_1)$

b) Con a),datos,[1]:  $\nu(M_2)$

c) Con [PM],b):  $M_2$

d) Con b),datos,[1]:  $\nu(M_3)$

e) Con [PM],d):  $M_3$

f) Con datos,c),e),[FI]:  $P_0/P_1, P_0/P_2, P_0/P_3$

g) Con f),datos:  $P_3, P_2$

h) Con [ $\theta\beta$ M],datos estimar:  $\beta_1'$

i) Corregir h) con [2]:  $\beta_1$

j) Con [3],i):  $M_{N1}'$

k) Con j),[CH]:  $M_{N2}', P_{02}/P_1$

l) Con [4],k):  $M_2'$

m) Con l),[PM]:  $\nu(M_2')$

n) Con m),datos,[1]:  $\nu(M_3')$

o) Con l),m),[FI]:  $P_{02}'/P_3', P_{02}'/P_2'$

p) Con o),k),f),datos:  $P_2', P_3'$