

ONDAS DE EXPANSIÓN PROBLEMAS

1) Fluye aire sobre una superficie convexa de 20° 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 θ 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?

θ_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): θ_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° , 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 θ - β -M [$\theta\beta$ M]

Procedimiento:

Para el inciso a)

a) Con [$\theta\beta$ M], datos estimar: β_1

b) Corregir a) con [2]: β_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: β_2

f) Corregir e) con [2]: β_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° 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 θ - β -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: β_1

g) Corregir f) con [2]: β_1

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

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

j) Con [4], d): M_2

k) Con j), d): δ

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° . 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]

β_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 θ - β -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: β_1

b) Corregir a) con [2]: β_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° y tiene una inclinación, con relación a las líneas de corriente horizontales, de 8° . 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?

$M_2, P_2, v(M_2)$

$M_3, P_3, v(M_3)$

β_2', M_2', P_2'

β_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 θ - β -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: β_1'

i) Corregir h) con [2]: β_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'