

## CHOQUE NORMAL PROBLEMAS

1) ¿A que velocidad  $V$  se propaga por un tubo una onda de choque normal, creada durante el movimiento del pistón a la velocidad  $V_p=250\text{m/s}$  por un gas a una temperatura  $T_1=300\text{K}$ ? La razón de las capacidades calóricas es  $k=1,3$ . La constante de los gases es  $R=290\text{J}/(\text{kgK})$

Datos:

$V_p=250$   
 $T_1=300\text{K}$   
 $K=1,3$   
 $R=290\text{J}/(\text{kgK})$

¿Qué se pide?

$V$

Hipótesis:

Flujo Isentrópico antes y después de onda de choque

Ecuaciones y Leyes:

$$\rho_1 u_1 = \rho_2 u_2 \quad [1]$$

$$P_1 + \rho_1 u_1^2 = P_2 + \rho_2 u_2^2 \quad [2]$$

$$C_p T_1 + \frac{u_1^2}{2} = C_p T_2 + \frac{u_2^2}{2} \quad [3]$$

$$P = \rho RT \quad [4]$$

$$u_1 = V \quad [5]$$

$$u_2 = V - VP \quad [6]$$

$$C_p = \frac{kR}{k-1} \quad [7]$$

Procedimiento:

- Con [1], [2],[4]: Sustitución y  $T_2$
- Con [3],[7]: Sustitución
- Con a), b): Sustitución
- Con [5],[6],c):  $V$

2) Una onda de choque ocurre en el conducto que transporta aire a condiciones corriente arriba  $M=2$ ,  $P=20\text{kN/m}^2$  y  $T=15^\circ\text{C}$ . Calcúlese el número de mach, temperatura y la velocidad local después de la onda de choque.

Datos:

$M_1=2$   
 $P_1=20\text{kN/m}^2$   
 $T_1=15^\circ\text{C}$

¿Qué se pide?

$M_2, T_2, u_2$

Hipótesis:

Flujo Isentrópico antes y después de onda de choque

Aire

$k=1,4$

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

Ecuaciones y Leyes:

$$a = \sqrt{kRT} \quad [1]$$

$$M = \frac{u}{a} \quad [2]$$

TABLA: Choque Normal [CH]

Procedimiento:

- Con [CH], datos:  $P_2/P_1, T_2/T_1, M_2$
- Con a), datos:  $P_2, T_2$
- Con b):  $a_2$
- Con a),c):  $u_2$

3) En un ducto, se mueve aire con un número de mach de 3 y experimenta una onda de choque normal. Si la presión absoluta no perturbada delante de la onda de choque es  $69\text{kPa}$  ¿Cuál es el incremento en la presión después de la onda de choque? ¿Cuál es la pérdida en la presión de estancamiento a través de la onda de choque?

Datos:

$M_1=3$   
 $P_1=69\text{kPa}$

¿Qué se pide?

$\Delta P, \Delta P_0$

Hipótesis:

Flujo Isentrópico antes y después de onda de choque

Aire

$k=1,4$

Dinámica de Gases – Preparaduría Docente – Choque Normal PROBLEMAS

$$R=287J/(kgK)$$

Ecuaciones y Leyes:

TABLAS: Choque Normal [CH]  
Flujo Isentrópico [FI]

Procedimiento:

- a) Con [CH], datos:  $M_2, P_2/P_1$
- b) Con [FI], a), datos:  $P_{02}/P_2, P_{01}/P_1$
- c) Con a), datos:  $\Delta P$
- d) Con a), b):  $\Delta P_0$

4) El número de mach y la presión de estancamiento para el gas ideal es 2,0 y 200kPa (abs) justamente corriente arriba de una onda de choque. Determine la pérdida de presión de estancamiento a través de la onda de choque para los siguientes gases: aire, helio. Comente el efecto de la relación de los calores específicos  $k$ , sobre la presión de estancamiento. Realice los mismos comentarios para las otras propiedades.

Datos:

$M_1=2,0$   
 $P_{01}=200kPa$

¿Qué se pide?

$\Delta P_0$

Hipótesis:

Flujo Isentrópico antes y después de onda de choque  
Aire

$$k=1,4$$

Helio

$$K=1,667$$

Ecuaciones y Leyes:

$$\Delta P_0 = P_{02} - P_{01} \quad [1]$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2k(M_1^2 - 1)}{k + 1} + 1 \quad [2]$$

$$\frac{P_0}{P} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad [3]$$

$$M_2^2 = \frac{1 + \frac{k-1}{2} M_1^2}{kM_1^2 - \frac{k-1}{2}} \quad [4]$$

TABLAS: Choque Normal [CH]  
Flujo Isentrópico [FI]

Preparador: Daniel José Pulido González – Actualizado: 06-12-04

Procedimiento para aire:

- a) Con [CH], datos:  $P_{02}/P_{01}$
- b) Con a), datos:  $\Delta P_0$

Procedimiento para helio:

- a) Con [3], datos:  $P_1$
- b) Con [2], datos:  $P_2/P_1$
- c) Con [4], datos:  $M_2$
- d) Con c), [3]:  $P_{02}/P_2$
- f) Con b), d), a):  $P_{02}$
- g) Con f), datos:  $\Delta P_0$

5) Justamente aguas arriba de una onda de choque de un gas ideal  $M=3,0$ ;  $T=60^\circ C$ ,  $P=206kPa$  (abs). Determine los valores de  $M$ ,  $T_0$ ,  $T$ ,  $P_0$ ,  $P$  y  $u$  aguas debajo de la onda de choque si los gases son aire, oxígeno. Determine el cambio de entropía.

Datos:

$M_1=3,0$   
 $P_1=206kPa$   
 $T_1=60^\circ C$

¿Qué se pide?

$M_2, T_{02}, T_2, P_{02}, P_2, u_2, s_2-s_1$

Hipótesis:

Flujo Isentrópico antes y después de onda de choque  
Aire

$$k=1,4$$

Oxígeno

$$k=1,393$$

Ecuaciones y Leyes:

$$\frac{T_0}{T} = 1 + \frac{k-1}{2} M^2 \quad [1]$$

$$\frac{P_0}{P} = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad [2]$$

$$M_2^2 = \frac{1 + [(k-1)/2]M_1^2}{kM_1^2 - (k-1)/2} \quad [3]$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{2k(M_1^2 - 1)}{k + 1} + 1\right) \left(\frac{(k + 1)M_1^2}{2 + (k - 1)M_1^2}\right)^{-1} \quad [4]$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2k(M_1^2 - 1)}{k + 1} + 1 \quad [5]$$

Dinámica de Gases – Preparaduría Docente – Choque Normal PROBLEMAS

$$M = \frac{u}{a} \quad [6]$$

$$a = \sqrt{kRT} \quad [7]$$

$$s_2 - s_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad [8]$$

TABLAS: Choque Normal [CH]  
Flujo Isentrópico [FI]

Procedimiento:

- a) Con [3], datos:  $M_2$
- b) Con [1], datos:  $T_{02}/T_2$
- c) Con [4], datos:  $T_2/T_1$
- d) Con c), datos:  $T_2$
- e) Con b),d):  $T_{02}$
- f) Con [2], datos:  $P_{02}/p_2$
- g) Con [5], datos:  $P_2/P_1$
- h) Con f),g), datos:  $P_{02}$
- i) Con g):  $P_2$
- j) Con [7]:  $a_2$
- k) Con [6]:  $u_2$
- l) Con [8]:  $s_2-s_1$

6) Deduzca la siguiente expresión:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{(k+1) \frac{P_2}{P_1} + k - 1}{(k-1) \frac{P_2}{P_1} + k + 1}$$

La cual relaciona la razón de densidades con la razón de presiones a lo ancho de una onda de choque normal. Calcule la razón de densidades limitante para aire lo lago de una onda de choque fuere para lo cual  $P_2/P_1 \gg 1$

Ecuaciones:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{(k+1)M_1^2}{2 + (k-1)M_1^2} \quad [1]$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2k(M_1^2 - 1)}{k+1} + 1 \quad [2]$$

Procedimiento:

- a) Con [2]:  $M_1^2$
- b) Con [1], a):  $\rho_2/\rho_1$

7) Considere un tubo Pitot estático montado en la nariz de un aeroplano experimental. Un tubo Pitot mide la presión total en la entrada del tubo (esto también se le llama Presión Pitot), y un tubo Pitot estático combina esto con una medición simultanea de la presión estático de corriente libre. El Pitot y las mediciones estáticas de corriente libre están dadas para tres condiciones de vuelo distintas. Calcule el número de mach corriente libre en la cual es aeroplano esta volando para cada una de las siguientes condiciones:

	Presión Pitot	Presión estática
1	1,22.105 N/m <sup>2</sup>	1,01.105 N/m <sup>2</sup>
2	7222 lb/ft <sup>2</sup>	2116 lb/ft <sup>2</sup>
3	13107 lb/ft <sup>2</sup>	1020 lb/ft <sup>2</sup>

Datos:

VER TABLA

¿Qué se pide?

M

Hipótesis:

Flujo supersónico  
Flujo Isentrópico antes de onda de choque  
Aire

$$k=1,4$$

$$R=287J/(kgK)$$

Ecuaciones y Leyes:

TABLAS: Choque Normal [CH]

Procedimiento:

a) Con [CH], datos: M

8) El aire delante de una onda de choque normal se mueve con un número de mach de 4, tiene una temperatura e 80°F y una presión de 14PSI. ¿Cuál es la presión atrás de la onda de choque? ¿Cuál es la velocidad y cual es la temperatura de estancamiento atrás del choque?

Datos:

$$M_1=4$$

$$P_1=14lb/in^2$$

$$T_1=80^\circ F$$

¿Qué se pide?

$T_{02}, P_2, u_2$

## Dinámica de Gases – Preparaduría Docente – Choque Normal PROBLEMAS

### Hipótesis:

Flujo Isentrópico antes y después de onda de choque  
Aire

$$k=1,4$$

Oxígeno

$$k=1,393$$

### Ecuaciones y Leyes:

$$M = \frac{u}{a} \quad [1]$$

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

$$C_p \cdot T_0 = C_p \cdot T + \frac{u^2}{2} \quad [3]$$

TABLA: Choque Normal [CH]  
Flujo Isentrópico [FI]

### Procedimiento:

- Con [CH], datos:  $P_2/P_1, M_2, T_2/T_1$
- Con a), datos:  $T_2, P_2$
- Con b), [2]:  $a_2$
- Con c), [1]:  $u_2$
- Con [FI], datos:  $T_{01}$
- Con e), [3]:  $T_{02}$

9) Datos publicados indican que el avión F-5G vuela a 36000 pies de altitud en un día con condiciones estándar. Calcule la velocidad de vuelo del avión, Debido a que la velocidad del vuelo del avión es supersónica, ocurre una onda de choque normal. La presión de estancamiento disminuye en 32,6 por ciento a través de la onda de choque. Evalúe la presión de estancamiento registrada por una sonda sobre el avión. ¿Cuál es la temperatura máxima del aire en puntos de estancamiento sobre la estructura del avión?

### Datos:

$$Y=36000\text{ft}$$

$$P_1=101325\text{Pa}$$

$$T_1=273\text{K}$$

$$P_{02}=(1-0,326) \cdot P_{01}$$

### ¿Qué se pide?

$$T_{02}, P_{02}$$

### Hipótesis:

Flujo Isentrópico antes y después de onda de choque

Preparador: Daniel José Pulido González – Actualizado: 06-12-04

Aire

$$k=1,4$$

### Ecuaciones y Leyes:

TABLA: Choque Normal [CH]  
Flujo Isentrópico [FI]

### Procedimiento:

- Con [FI], datos:  $P_{01}/P_1, T_{01}/T_1$
- Con a), datos:  $P_{01}, T_{01}$
- Con b), datos:  $P_{02}$
- Con datos, [CH]:  $T_{02}/T_{01}$
- Con d), b):  $T_{02}$

10) En un conducto a través del cual fluye aire, se presenta una onda de mach en la sección anterior a la onda es de 3,0 y la presión y temperatura correspondiente son 80kPa y 20°C, respectivamente. Calcúlense el numero de mach, la presión, la temperatura y la velocidad en la sección inmediatamente después de la onda de choque. Repita el calculo con helio y realice las comparaciones correspondientes.

### Datos:

$$M_1=3$$

$$P_1=80\text{kPa}$$

$$T_1=20^\circ\text{C}$$

### ¿Qué se pide?

$$M_2, T_2, P_2, u_2$$

### Hipótesis:

Flujo Isentrópico antes y después de onda de choque  
Aire

$$k=1,4$$

Helio

$$K=1,667$$

### Ecuaciones y Leyes:

$$M = \frac{u}{a} \quad [1]$$

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

TABLA: Choque Normal [CH]  
Flujo Isentrópico [FI]

## Dinámica de Gases – Preparaduría Docente – Choque Normal PROBLEMAS

### Procedimiento:

a) Con datos,[CH]:  $T_2/T_1$ ,  $P_2/P_1$ ,  $M_2$

b) Con a),datos:  $T_2$ ,  $P_2$

c) Con b),[1]:  $a_2$

d) Con c),a),[1]:  $u_2$