

**FLUJO CASI-UNIDIMENSIONAL
PROBLEMAS**

1) Considérese el flujo de helio a través de una tobera convergente-divergente de un túnel. La presión y temperatura de estancamiento a la entrada de la tobera son 8kgf/cm² y 70°C, respectivamente. En una sección después de la garganta, la presión es de 550kPa y el área transversal es de 0,002m². Determine la temperatura, el número de mach y la presión de estancamiento en esta sección, así como también el flujo másico a través de la tobera.

Datos:

$$P_0=8\text{kgf/cm}^2$$

$$T_0=70^\circ\text{C}$$

$$P_1=550\text{kPa}$$

$$A_1=0,002\text{m}^2$$

¿Que se pide?

$$T_1, M_1, P_{01}, \dot{m}$$

Hipótesis:

Gas calóricamente perfecto

Flujo Isentrópico

Helio

$$k=1,667$$

$$R=2077,03\text{J}/(\text{kgK})$$

Ecuaciones y leyes:

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

$$\frac{P_0}{P} = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^k \quad [2]$$

$$P = \rho RT \quad [3]$$

$$\dot{m} = \rho u A \quad [4]$$

$$M = \frac{u}{a} \quad [5]$$

$$a = \sqrt{kRT} \quad [6]$$

Procedimiento:

a) Con [2],datos: M₁

b) Con a),[1],datos: T₀/T₁, T₁

c) Con b),[6]: a₁

d) Con c),a): u₁

e) Con datos, [3],hipótesis: ρ₀

f) Con [2],b): ρ₀/ ρ₁, ρ₁

g) Con datos, f), d): \dot{m}

h) Con hipótesis: P₀₁

2) En una boquilla convergente – divergente fluye aire y ocurre una onda de choque normal en un lugar donde la presión absoluta es de 90kPa. Las condiciones del tanque son T=60°C y P=201,3kPa (abs). ¿Cuál es la pérdida en presión de estancamiento a través de la onda de choque? ¿ En qué sentido esto es una pérdida?

Datos:

$$P_1=90\text{kPa}$$

$$P_{01}=201,3\text{kPa}$$

$$T_{01}=60^\circ\text{C}$$

¿Que se pide?

$$\Delta P_0$$

Hipótesis:

Gas calóricamente perfecto

Flujo Isentrópico excepto en onda de choque

Aire

$$k=1,4$$

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

Ecuaciones y leyes:

Tablas: Flujo Isentrópico [FI]

Choque Normal [CH]

Procedimiento:

a) Con [FI],datos: P₀₁/P₁, M₁

b) Con a),[CH],: P₀₂/P₀₁

c) Con b),datos: P₀₂

d) Con c),datos: ΔP₀

3) Un cohete se desplaza con una onda de choque normal localizada (permanece estacionaria). Las condiciones estacionarias son T₀=2760°C y P₀=1345kPa (abs). El área de la garganta es de 0,2m², el área de salida es de 0,3m² y la onda de choque esta localizada en la zona divergente del cohete en una sección de 0,25m². Determine la presión a la salida del cohete.

Dinámica de Gases – Preparaduría Docente – Flujo Casi-Unidimensional PROBLEMAS

Datos:

$P_1=90\text{kPa}$
 $P_{01}=201,3\text{kPa}$
 $T_{01}=60^\circ\text{C}$

¿Que se pide?

P_s

Hipótesis:

Gas calóricamente perfecto
 Flujo Isentrópico excepto en onda de choque

Aire

$k=1,4$
 $R=287\text{J}/(\text{kgK})$

Ecuaciones y leyes:

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

Procedimiento:

- Con datos: A_1, A_2
- Con a), [FI]: M_1
- Con b), [CH]: $M_2, P_{02}/P_{01}$
- Con c), [FI]: A_2/A_2^*
- Con a), d): A_s/A_2^*
- Con e): $M_s, P_{0s}/P_s$
- Con d), g): P_s

4) Una tobera convergente – divergente tiene una relación de áreas de salida a la garganta de 2. Entra aire a ésta, con una presión de estancamiento absoluta de $641372,35\text{Pa}$ y temperatura de estancamiento de $93,4^\circ\text{C}$. El área de la garganta es $6,45\text{cm}^2$. Determine: El flujo de masa, presión, temperatura, número de mach y la velocidad a la salida; bajo las siguientes condiciones: - velocidad sónica en la garganta y la sección divergente actuando como tobera, - velocidad sónica en la garganta y la sección divergente actuando como difusor. Presión y temperatura local o estática y la temperatura de estancamiento, inmediatamente después del plano de salida de la tobera su existiese una condición de choque normal en el plano de salida de la tobera. El flujo de masa para una contrapresión de 650000kPa , de existir la posibilidad de una onda de choque normal para $M=1,85$; determine: a) Área donde ocurre esa onda de choque, b) presión, temperatura y número de mach a la salida.

Datos:

$A_s/A_G=2$
 $P_{01}=691372,35\text{Pa}$
 $T_{01}=93,4^\circ\text{C}$
 $A_G=6,45\text{cm}^2$
 $P_{S3}=650000\text{Pa}$
 $M_{1_3}=1,85$

¿Que se pide?

$\dot{m}_{_1}, P_{s_{_1}}, T_{s_{_1}}, M_{s_{_1}}, u_{s_{_1}}$
 $P_{s_{_2}}, T_{s_{_2}}, M_{s_{_2}}$
 $\dot{m}_{_3}$
 $A_{1_3}, P_{s_{_3}}, T_{s_{_3}}, M_{s_{_3}}$

Hipótesis:

Gas calóricamente perfecto
 Flujo Isentrópico excepto en onda de choque
 Aire

$k=1,4$
 $R=287\text{J}/(\text{kgK})$

Ecuaciones y leyes:

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

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

$$P = \rho RT \quad [3]$$

$$\dot{m} = \rho u A \quad [4]$$

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

Procedimiento:

- Con datos, [3]: ρ_{01}
- Con datos: A_s
- Con b), [FI]: $M_s, P_{s_{_1}}/P_{0_{_1}}, T_{s_{_1}}/T_{0_{_1}}$
- Con c),: $P_{s_{_1}}, T_{s_{_1}}$
- Con d), [3]: $\rho_{s_{_1}}$
- Con d), [2], $a_{s_{_1}}$
- Con f), [1]: $u_{s_{_1}}$
- Con e), g), b), [4]: $\dot{m}_{_1}$
- Con c), [CH]: $P_{s_{2_2}}/P_{s_{1_2}}, T_{s_{2_2}}/T_{s_{1_2}}$
- Con i), d): $P_{s_{2_2}}, T_{s_{2_2}}$
- Con hipótesis: $T_{0s_{2_2}}$
- Con datos: $P_{01}/P_{s_{_3}}$
- Con l): $M_s, A_s/A^*$
- Con m), datos: A_G/A^*
- Con n): $M_G, T_0/T_G, \rho_{01}/\rho_{s_{_3}}$

Dinámica de Gases – Preparaduría Docente – Flujo Casi-Unidimensional PROBLEMAS

- p) Con o): T_G, ρ_G
 q) Con p), [2],[1],o): a_G, u_G
 r) Con datos,p),q): \dot{m}_3

- s) Con datos,[FI],[CH]: $A_{1_3}/A_{1_3}^*, M_2, P_{O2_3}/P_{O1_3}$
 t) Con s),[FI]: $A_{2_3}/A_{2_3}^*$
 u) Con s), t): $A_{S_3}/A_{2_3}^*$
 v) Con u),[FI]: $M_{S_3}, T_{OS_3}/T_{S_3}, P_{OS_3}/P_{S_3}$
 w) Con s),datos: A_{1_3}
 x) Con s),t),v),datos: P_S, T_S

5) Considere una tobera convergente-divergente con una razón de área salida-garganta de 3. El reservorio inicial posee una presión de 1atm y la presión en la salida es 0,5atm. Para esta razón de presiones, se producirá una onda de choque en algún lugar de la porción divergente de la tobera. Calcule la razón de área lugar-garganta donde se produzca la onda de choque.

Datos:
 $A_S/A_G=3$
 $P_0=1\text{atm}$
 $P_S=0,5\text{atm}$

¿Que se pide?
 A_1/A_G

Hipótesis:
 Gas calóricamente perfecto
 Flujo Isentrópico excepto en onda de choque
 Flujo estrangulado
 Aire
 $k=1,4$
 $R=287\text{J}/(\text{kgK})$

Ecuaciones y leyes:
 Tablas: Flujo Isentrópico [FI]
 Choque Normal [CH]

Procedimiento:
 a) Asumir un valor $1 < A_1/A_1^* < 3$
 b) Con a),[FI]: M_1
 c) Con b),[CH]: $M_2, P_{O2}/P_{O1}$
 d) Con c),[FI]: A_2/A_2^*
 e) Con datos,a),d),hipótesis: A_S/A_2^*
 f) Con e), [FI], $M_2, P_{OS}/P_S$

Preparador: Daniel José Pulido González – Actualizado: 19-06-04

- g) Con f),c),datos: P_S
 h) Repetir a)→g)
 i) Interpolar o extrapolar con g),h),datos: A_1/A_G

6) Vapor a presión de estancamiento de 800kPa y temperatura de estancamiento de 350°C se expande en una tobera hasta 200kPa. Determine el área de la garganta y el área de salida que se requiere para un flujo de 3kg/s, suponga flujo isentrópico y un valor de $k=1,3$.

Datos:
 $P_0=800\text{kPa}$
 $T_0=350^\circ\text{C}$
 $P_1=200\text{kPa}$
 $\dot{m}=3\text{kg/s}$
 $k=1,3$

¿Qué se pide?
 A_G, A_S

Hipótesis:
 Gas calóricamente perfecto
 Flujo Isentrópico

Ecuaciones y leyes:

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

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

$$\dot{m} = \rho u A \quad [3]$$

$$P = \rho R T \quad [4]$$

$$\frac{P_0}{P} = \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^k = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{k+1}{k-1}} \quad [5]$$

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

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

Procedimiento:
 a) Con datos,[5],[2]: M_S
 b) Con a),[1]: A_S/A^*
 c) Con [4],datos: ρ_0
 d) Con c),[5],b): ρ_S, T_S
 e) Con a),[6],[7]: a_S, u_S
 f) Con e),f),datos,[3]: A_S

Dinámica de Gases – Preparaduría Docente – Flujo Casi-Unidimensional PROBLEMAS

g) Con g),c),a): A_G

7) En una tobera se expande vapor a una presión de 1MPa y a una temperatura de 400°C hasta una presión de 200kPa. La eficiencia de la tobera es 90% y el flujo másico es de 19kg/s. Determine el área de salida de la tobera y la velocidad de salida.

Datos:

$P_0=1\text{MPa}$
 $T_0=400^\circ\text{C}$
 $P_S=200\text{kPa}$
 $\eta=0,9$
 $\dot{m}=10\text{kg/s}$
 $k=1,3$

¿Que se pide?

A_S, u_S

Hipótesis:

Gas caloricamente perfecto
 Flujo Isentrópico
 Vapor

$k=1,327$
 $R=431,52\text{J}/(\text{kgK})$

Ecuaciones y leyes:

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

$$\dot{m} = \rho u A \quad [2]$$

$$P = \rho R T \quad [3]$$

$$\frac{T_0}{T} = 1 - \frac{k-1}{2} M^2 \quad [4]$$

$$\frac{P_0}{P} = \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^k = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{k+1}{k-1}} \quad [5]$$

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

$$h_0 = h + \frac{u^2}{2} \quad [7]$$

TABLAS: Vapor Sobrecalentado [VS]

Procedimiento:

a) Con datos,[5],[4]: M_S
 b) Con a),[1]: A_S/A^*
 c) Con [3],datos: ρ_0

Preparador: Daniel José Pulido González – Actualizado: 19-06-04

d) Con c),[5]: ρ_S, T_S

e) Con a),[6],[7]: a_S, u_S

f) Con e),d),datos: A_S

g) Con e),datos: u_{SREAL}

h) Con datos, [VS]: h_0, s_0

i) Con h), [VS], datos: u_S, h_S

j) Con h),i),[8]: u_S

k) Con i), j),datos,[2]: A_S

8) Por una tobera convergente-divergente fluye vapor a 800kPa y 350°C que tiene un área de garganta de 350mm². La presión en el plano de salida es de 150kPa y la velocidad de salida es 800m/s. El flujo desde la entrada de la tobera hasta la garganta es isentrópica. Determine el área de salida de la tobera, la eficiencia general y la generación de entropía en el proceso.

Datos:

$P_0=800\text{kPa}$
 $T_0=350^\circ\text{C}$
 $P_S=150\text{kPa}$
 $u_{SR}=800\text{m/s}$
 $A_G=350\text{mm}^2$

¿Que se pide?

A_S, η, s_2-s_1

Hipótesis:

Gas caloricamente perfecto
 Vapor

$k=1,327$
 $R=431,52\text{J}/(\text{kgK})$

Ecuaciones y leyes:

$$\eta = \frac{h_0 - h_{SR}}{h_0 - h_S} \quad [1]$$

$$\dot{m} = \rho u A \quad [2]$$

$$h_0 = h + \frac{u^2}{2} \quad [3]$$

TABLAS: Vapor Sobrecalentado [VS]

Procedimiento:

a) Con [VS],datos: h_0, s_0
 b) Con a), [VS]: v_S, h_S
 c) Con a), datos: v_G, h_G
 d) Con c),datos: η, h_{SR}
 e) Con h_{SR} , datos: s_{SR}

- f) Con a), e): s_0 -SSR
- g) Con c), [3]: u_G
- h) Con datos, c), g), [2]: \dot{m}
- i) Con a), b), [3]: u_S
- j) Con b), i), h): A_S