

ESTRUCTURA DE MATERIA 1  
SEGUNDO CUATRIMESTRE DE 2020

PRÁCTICA 7  
FLUJOS COMPRESIBLES

---

**Problema 1.** ONDAS EN UN GAS IDEAL POLITRÓPICO

Considere un gas ideal politrópico con ecuación de estado  $p\rho^{-\gamma} = \text{constante}$ , en reposo con densidad  $\rho_0$  y presión  $p_0$ .

(I) Realice pequeñas perturbaciones unidimensionales

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= \delta v(x, t)\hat{x}, \\ \rho &= \rho_0 + \delta\rho(x, t), \\ p &= p_0 + \delta p(x, t), \end{aligned}$$

en las ecuaciones de Euler y de continuidad, para obtener ecuaciones de ondas para las variables perturbadas,

$$\frac{\partial^2 \delta v}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \delta v}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^2 \delta \rho}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \delta \rho}{\partial x^2}.$$

(II) Muestre que la velocidad del sonido está dada por

$$c = \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho_0}}.$$

**Problema 2.**

Considere un propulsor de cohete como una cámara donde se genera gas a alta presión, con velocidad prácticamente nula, que es descargado al exterior a través de una tobera. Si alrededor del vehículo la presión puede considerarse uniforme e igual a  $p_0$  y teniendo en cuenta que el propulsor presenta dos superficies; la externa en contacto con la atmósfera a presión  $p_0$ , y la interna (cámara de combustible y tobera) en contacto con los gases de la combustión, determine:

- (I) el empuje que sufre el cohete aplicando el teorema del flujo de la cantidad de movimiento;
- (II) muestre que el empuje es máximo si la tobera es adaptada, es decir, si la presión de los gases en el área de salida de la tobera es igual a la presión externa  $p_0$ .

**Problema 3.**

La cámara de combustión de un cohete produce  $G$  kilogramos por segundo de gas a alta temperatura  $T^*$  (puede considerarse el gas como perfecto con exponente  $\gamma$ , y despreciarse la energía cinética con que es inyectado en la cámara). Si la tobera de descarga tiene un cuello de área  $A_{\text{mín}}$ , determine:

- (I) la presión que soporta la cámara de combustión (suponga que la presión externa es suficientemente baja, menor que  $p_{\text{crít}}$ );
- (II) el empuje para el caso de ser la tobera adaptada.

**Problema 4.**

Determine la forma de una tobera cuya sección de entrada es  $A_0$ , y en la que ingresa un gas ideal de exponente  $\gamma$  con número de Mach  $M_0$ , para que, en régimen adaptado, alcance un número de Mach  $M_s$  a la salida. Grafique dicha forma de manera cualitativa para los casos:

- (I) subsónico-supersónico;
- (II) supersónico-subsubsónico;
- (III) subsónico-subsubsónico, tanto con  $M_0 < M_s$  como para  $M_0 > M_s$ ;
- (IV) supersónico-supersónico, tanto con  $M_0 < M_s$  como para  $M_0 > M_s$ .

**Problema 5.**

A través de un tubo semi-infinito terminado en una válvula fluye un gas a temperatura  $T_0$ , presión  $p_0$  y velocidad  $v_0$ . A  $t = 0$  se cierra subitamente la válvula y una onda de choque se propaga corriente arriba. Calcule la velocidad del frente de choque, y la presión y temperatura del gas detrás de dicho frente.

**Problema 6. CHOQUE NORMAL AL FRENTE DE UN AVIÓN SUPERSÓNICO**

Un avión supersónico se mueve a 300 km/h a una altura en la que la presión atmosférica es 0,5 atm y la temperatura 250 K. Si se forma un choque normal en el frente del avión, ¿cuál es la temperatura y cuál es la presión inmediatamente detrás del choque?

**Problema 7. REFLEXIÓN DE UNA ONDA DE CHOQUE**

En un gas en reposo a presión  $p_0$  y temperatura  $T_0$  se propaga una onda de choque con número de Mach  $M$ . Dicha onda incide normalmente sobre una pared rígida y se refleja. Determine el estado del gas inmediatamente detrás del choque reflejado (es decir, del gas entre la pared y el choque reflejado).