

## Estructura de la Materia I

### Práctica 5 ~ Flujos unidimensionales compresibles y ondas de choque

- 5.1** 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  $p_0$ , determine el empuje que sufre el cohete aplicando el teorema del flujo de la cantidad de movimiento. Tenga 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. En particular, muestre que el empuje es máximo si la tobera es adaptada; esto es, si la presión de los gases en el área de salida de la tobera es igual a la presión externa  $p_0$ .
- 5.2** 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  $A_{\min}$ , determine la presión que soporta la cámara de combustión. (suponga que la presión externa es suficientemente baja, menor que  $p_{\text{crit}}$ ). Calcule el empuje para el caso de ser la tobera adaptada.
- 5.3** 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 cualitativamente para todos los casos posibles: subsónico-supersónico, supersónico-subsubsónico, subsónico-subsubsónico con  $M_0 < M_s$ , ídem con  $M_0 > M_s$ , supersónico-supersónico con  $M_0 < M_s$ , ídem con  $M_0 > M_s$ .

- 5.4** Un avión supersónico se mueve a 3000 km/h a través del aire, a una altura en la que la presión vale 0,5 atm, y la temperatura es de 270 K. Si se forma un choque normal en el frente del avión, ¿cuál es la temperatura y cuál la presión inmediatamente detrás del choque?
- 5.5** A través de un tubo de área constante fluye aire a 300 K de temperatura, presión 1 atm y velocidad 60 m/s. Súbitamente se cierra una válvula, con lo que una onda de choque se propaga corriente arriba. Calcule la velocidad del frente de choque (aclare el sistema de referencia) y la presión y temperatura del aire detrás de dicho frente.
- 5.6** En aire quieto 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 plana y rebota sobre ella. Determine el estado del aire inmediatamente detrás del choque reflejado (aire entre la pared y el choque reflejado).