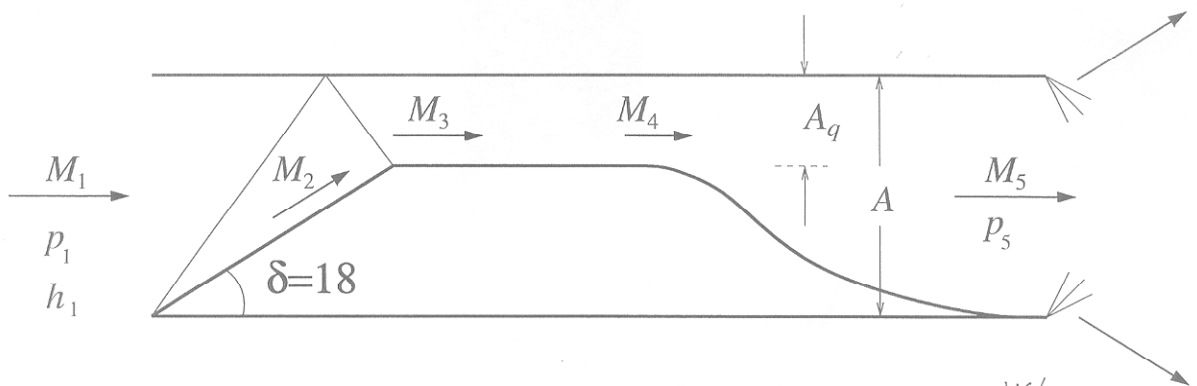


La figura adjunta representa de forma esquemática un SCRAMJET, que es uno de los dispositivos propulsivos que se barajan para el futuro avión hipersónico. El dispositivo cuenta con una toma de entrada en la que se comprime la corriente incidente supersónica a través de una serie de ondas de choque oblicuas. Seguidamente, la corriente, aún supersónica, entra en la cámara de combustión, tras la que se sitúa una tobera divergente que acelera isentrópicamente el gas hasta la sección de salida. Se pide determinar el empuje que proporciona el SCRAMJET, para lo cual se sugiere seguir los siguientes pasos:

- Sabiendo conocido el número de Mach de la corriente incidente  $M_1 = 4$ , se pide determinar el número de Mach  $M_3$  y la presión  $p_3/p_1$  a la entrada del quemador. Suponga en el cálculo que el proceso de compresión se puede asemejar al de dos ondas oblicuas con deflexión de la corriente  $\delta = 18^\circ$ .
- Obtenga la cantidad de calor por unidad de masa  $Q$  que se precisa añadir a la corriente para que las condiciones a la salida del quemador sean sónicas ( $M_4 = 1$ ). Se pide dar el resultado en la forma  $Q/h_1$ , siendo  $h_1$  el valor de la entalpía de la corriente incidente. Determine además el valor de  $p_4/p_1$ .
- Sabiendo que el área transversal del quemador,  $A_q$ , es aproximadamente  $A_q = 0.23A$ , donde  $A$  representa el área transversal del dispositivo, se pide determinar el número de Mach,  $M_5$ , y la presión,  $p_5/p_1$ , en la sección de salida.
- Obtenga el valor del empuje,  $F$ , dando el resultado en la forma  $F/(p_1 A)$ .
- El fluido se expande a la salida hasta la presión exterior  $p_1$ . Determine el ángulo de expansión de la corriente,  $\theta$ , en la expansión de Prandtl-Meyer que se forma.



①  $M_1 = 4, \delta = 18^\circ \Rightarrow \beta_1 = 30$   
 $M_{n1} = 4 \sin 30 = 2 \rightarrow \begin{cases} M_{2n} = 0.5773 \\ P_2/P_1 = 4.5 \end{cases} \quad \begin{cases} M_2 = 0.5773 / \sin 12 = 2.78 \\ P_2/P_1 = 4.5 \end{cases}$   
 $M_2 = 2.78, \delta = 18^\circ \Rightarrow \beta_2 = 37$   
 $M_{n2} = 2.78 \times \sin 37 = 1.67 \rightarrow \begin{cases} M_{3n} = 0.6485 \\ P_3/P_2 = 3.09 \end{cases} \quad \begin{cases} M_3 = 0.6485 / \sin 19 = 1.99 \\ P_3/P_1 = 3.09 \times 4.5 = 13.9 \end{cases}$

②  $Q/h_1 = \left( \frac{F(M_4)}{F(M_3)} \right)^2 - 1 = 0.26$   
 $Q/h_1 = \frac{Q}{h_1} \frac{h_{03}}{h_{01}} \frac{h_{01}}{h_1} = 0.26 \times 1 \times 4.2 = 1.09$   
 $P_4/P_3 = \frac{1 + \gamma M_3^2}{1 + \gamma M_4^2} = 2.73, \quad P_4/P_1 = \frac{P_4}{P_3} \frac{P_3}{P_1} = 37.9$

③  $A^*/A = 0.23 \Rightarrow M_5 = 3.02$   
 $\left( \frac{P_5}{P_1} \right) = \left( \frac{1 + \frac{\gamma-1}{2} M_4^2}{1 + \frac{\gamma-1}{2} M_5^2} \right)^{\gamma/(\gamma-1)} = 0.05$   
 $P_5/P_1 = 0.05 \times 37.9 = 1.90$

④  $\frac{F}{P_1 A_1} = \frac{P_5}{P_1} (1 + \gamma M_5^2) - (1 + \gamma M_1^2) = 2.76$

⑤  $P_5 = 1.90 \times 10^5 \text{ Pa}$