

**TM-179 Tópicos Especiais em Engenharia Mecânica VIII:**  
**Escoamentos Compressíveis**  
**Prof. Luciano Kiyoshi Araki**

**Lista de Exercícios**

**Capítulo 1: Introdução aos escoamentos compressíveis**

1. Em um reservatório de um túnel de vento supersônico, a pressão e a temperatura do ar são de 10 atm e 320 K, respectivamente. Calcule a densidade e o volume específico do sistema.
2. Obtenha a relação  $c_p - c_v = R$  para um gás caloricamente perfeito. Utilize a definição de entalpia,  $h = e + p \cdot v$  e a equação de estado dos gases perfeitos,  $p = \rho \cdot R \cdot T$ .
3. A razão da variação da pressão e da temperatura através de uma onda de choque no ar é de  $p_2/p_1 = 4,5$  e  $T_2/T_1 = 1,687$ , onde 1 e 2 denotam as condições a montante e a jusante do choque, respectivamente. Calcule a variação da entropia.
4. Considere ar a uma pressão de 0,2 atm. Estime os valores da compressibilidade isotérmica e isentrópica.
5. Considere uma sala retangular de 5 m de largura por 7 m de comprimento e pé-direito de 3,3 m. O ar encontra-se nessa sala a 1 atm e 25°C. Calcule a energia interna e a entalpia do ar contido na sala.

**Capítulo 2: Forma integral das equações de conservação**

1. Em um reservatório de um túnel supersônico, o ar apresenta temperatura de 1000 K e velocidade desprezível. A temperatura na saída do bocal é de 600 K. Assumindo um escoamento adiabático através do bocal, calcule a velocidade do ar na saída do mesmo.

2. Um aerofólio em um escoamento livre no qual  $p_\infty = 0,61 \text{ atm}$ ,  $\rho_\infty = 0,819 \text{ kg/m}^3$  e  $V_\infty = 300 \text{ m/s}$ . Em um ponto sobre a superfície do aerofólio, a pressão é de  $0,5 \text{ atm}$ . Assumindo-se um escoamento isentrópico, calcule a velocidade nesse ponto.

3. Considere um foguete a propelente líquido, no qual hidrogênio líquido é injetado a  $16 \text{ kg/s}$  e oxigênio líquido é injetado a  $89 \text{ kg/s}$ . A velocidade do escoamento e a pressão na saída da tubeira (bocal convergente-divergente) é de  $4000 \text{ m/s}$  e a pressão é de  $1,5 \times 10^3 \text{ Pa}$ , respectivamente. A área de saída é de  $12 \text{ m}^2$ . O motor é parte de um veículo lançador, que deve colocar uma determinada carga útil em órbita. Calcule o empuxo do foguete, quando o mesmo passa por uma altitude de  $36 \text{ km}$ , onde a pressão é de  $0,509 \times 10^3 \text{ Pa}$ .