



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TM-046 Escoamentos Compressíveis
Prof. Luciano Kiyoshi Araki

SEMESTRE 2016/2 (Terceira lista de exercícios)

Observações:

- 1. Os exercícios devem ser entregues individualmente.**
- 2. Recomenda-se mostrar passo a passo a obtenção das soluções, explicando ao máximo os procedimentos adotados.**
- 3. Data de entrega: 07 de dezembro de 2016 (quarta-feira).**

1. (valor: 40) Considere um bocal convergente-divergente cuja relação de áreas de saída e da garganta seja igual a 4. Durante um experimento, a pressão e a temperatura do reservatório são mantidas constante e iguais a 1 MPa e 500 K, respectivamente, enquanto a pressão ambiente é variada. Suponha que o experimento se dê em regime permanente e que o gás empregado seja o hélio ($\gamma = 1,67$; $R = 2078,5 \text{ J/kgK}$; $c_p = 5180,7 \text{ J/kgK}$). Caracterize o escoamento (informando: o número de Mach na saída; a posição do choque normal, se tal fenômeno ocorrer; presença de choques oblíquos ou de ondas de expansão; o tipo de escoamento - totalmente subsônico, bloqueado, parcialmente supersônico; e a taxa de geração de entropia, se pertinente) para as seguintes pressões estáticas na saída: 995 kPa; 900 kPa; 500 kPa; 100 kPa; 5 kPa.

4. (valor: 15) Deseja-se projetar um túnel de vento supersônico, operando a ar ($\gamma = 1,40$; $c_p = 1004,5 \text{ J/kgK}$; $R = 287 \text{ J/kgK}$) que produza um escoamento com Mach 2,8 na seção de testes e vazão mássica de 1 kg/s. Calcule a pressão e a temperatura necessárias no reservatório, bem como as áreas da garganta e da saída do bocal (A área da seção de testes é correspondente à área da saída do bocal). Considere que as condições ambientes sejam de 25°C e 1 atm.

5. (valor: 45) Um tubo de choque apresenta hélio ($\gamma = 1,67$; $R = 2078,5 \text{ J/kgK}$; $c_p = 5180,7 \text{ J/kgK}$) como gases condutor (mantido a uma pressão de 500 kPa) e conduzido (mantido a 10 kPa). Inicialmente, a temperatura do hélio é mantida em 300 K em ambas as regiões do tubo. Quando o diafragma que separa as porções condutora e conduzida é rompido, uma onda de choque se propaga para a direita enquanto um leque de expansão se move para a esquerda. Sob tais condições, determine:

(a) a velocidade de propagação do choque normal;

- (b) a velocidade induzida do hélio, após o choque normal;
- (c) a velocidade de propagação da superfície de contato;
- (d) a temperatura do hélio após a onda de choque;
- (e) a temperatura do hélio atrás da superfície de contato;
- (f) a velocidade do hélio no início e no final do leque de expansão;
- (g) considerando-se que a onda de choque atinja a parede do tubo de choque e seja refletida, avalie o número de Mach da onda refletida, a razão entre as pressões através da onda refletida e a temperatura do gás atrás do choque refletido.