

**Disciplina: Fenômenos de Transporte 2 (Escoamentos Compressíveis)**

**Prof.: Dr. Rodrigo Lisita Ribera**

[www.cienciastermicas.com](http://www.cienciastermicas.com)

**Avaliação 02 (2018-2)**

LEIA COM ATENÇÃO AS INSTRUÇÕES ABAIXO

1. Esta prova é individual e sem consulta;
2. A avaliação deve ser feita a caneta azul ou preta e arquivada pelo aluno após a sua devolutiva;
3. Desligue ou silencie o celular. É proibido, o seu manuseio durante a realização da avaliação sob pena de recolhimento do aparelho;
4. Mantenha em cima da carteira apenas caneta, lápis, borracha e calculadora, quando permitida;
5. Os demais pertences devem ser guardados debaixo da carteira;
6. É proibido emprestar a borracha ou qualquer outro objeto, ao colega, durante a prova;
7. A capacidade de interpretação das questões faz parte da avaliação;
8. Durante a realização da avaliação, o professor não poderá avaliar para o aluno se a sua resposta está certa ou errada, nem se está completa ou incompleta;
9. Questões rasuradas ou com mais de uma alternativa marcada no cartão resposta não serão aceitas.
10. Questões discursivas somente terão validade se apresentarem resolução completa e a caneta.
11. Tempo de duração 4 **horas/aula**;
12. O primeiro aluno que terminar a prova só poderá sair da sala após 1 h, não sendo mais permitida a entrada de outros alunos para a realização da mesma.

| Questão   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |  | Total |
|-----------|----|----|----|----|----|--|-------|
| Valor [%] | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |  | 100   |
| Correção  |    |    |    |    |    |  |       |

**Disciplina: Fenômenos de Transporte 2 (Escoamentos Compressíveis)**

**Prof.: Dr. Rodrigo Lisita Ribera**

[www.cienciastermicas.com](http://www.cienciastermicas.com)

**Avaliação 02 (2018-2)**

**Formulário:**

Equação de estado de gás ideal:  $P = \rho R T$

$$R = \frac{\bar{R}}{M}, \quad \bar{R} = 8314 \frac{Nm}{Kg mol K}$$

Calor específico:

$$c_v = \left( \frac{\partial u}{\partial T} \right)_v, \quad c_p = \left( \frac{\partial h}{\partial T} \right)_p, \quad k = \frac{c_p}{c_v}, \quad c_p - c_v = R, \quad c_v = \frac{R}{k-1}, \quad c_p = \frac{kR}{k-1}$$

$$ar : c_p = 1,004 \text{ KJ/KgK} ; c_v = 0,7174 \text{ KJ/KgK} ; R = 286,9 \text{ J/KgK}$$

Energia interna e entalpia

$$du = c_v dT ; dh = c_p dT ; h = u + P dv ;$$

Propriedades de estagnação:

$$h_0 = h + \frac{V^2}{2} ; \quad c_p T_0 = c_p T + \frac{V^2}{2}$$

Equações de Gibbs:

$$T ds = du + P dv ; \quad T ds = dh - v dP$$

$$s_2 - s_1 = c_v \ln \left( \frac{T_2}{T_1} \right) + R \ln \left( \frac{v_2}{v_1} \right) ; \quad s_2 - s_1 = c_p \ln \left( \frac{T_2}{T_1} \right) - R \ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$

Relações isoentrópicas:

$$T P^{\left( \frac{1-k}{k} \right)} = T v^{(k-1)} = P v^k = \text{constante}$$

Velocidade do som:

$$\text{Em gases: } c = \sqrt{k R T} ; \quad M = \frac{V}{c}$$

Equação da continuidade:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho dV + \int_{SC} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0$$

## Disciplina: Fenômenos de Transporte 2 (Escoamentos Compressíveis)

Prof.: Dr. Rodrigo Lisita Ribera

[www.cienciastermicas.com](http://www.cienciastermicas.com)

### Avaliação 02 (2018-2)

**Questão 01 (2 Pontos).** Ar escoa através de um duto longo de área constante a 0,15 Kg/s. Um trecho do duto é resfriado com nitrogênio líquido circundando o duto. A taxa de perda de calor neste trecho é de 15KJ/s. A pressão, a temperatura absoluta e a velocidade do ar entrando no trecho resfriado são, respectivamente, 188KPa, 440K e 210m/s. Na saída, a pressão e a temperatura absolutas são 213KPa e 351K. Calcule a área da seção transversal do duto e as variações de entalpia, energia interna e entropia para esse escoamento.

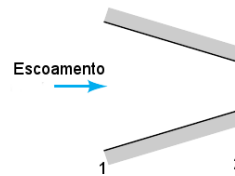
**Questão 02 (2 Pontos).** Um bocal convergente possui ar entrando a 300K e 120KPa e pressão de saída de 100KPa. A área de saída é 10% da área de entrada. Assumindo escoamento isoentrópico e  $c_p=1,005\text{KJ/KgK}$  e  $K=1,4$ , determine:

- a) Temperatura na saída (0.6 pontos)
- b) Velocidade na saída (0.6 pontos)
- c) Número de Mach na saída (0.8 pontos)

**Questão 03 (2 Pontos).** Considere que a seguinte equação seja válida para escoamento isoentrópico em dutos com área de seção transversal variável:

$$\frac{dA}{A} = \frac{dP}{\rho V^2} (1 - M^2) = \frac{-dV}{V} (1 - M^2)$$

em que  $M$  é o número de Mach.



Para o duto mostrado e velocidade supersônica, complete as relações:

Área ( $A$ ): (a)  $A_1 > A_2$ ; (b)  $A_1 = A_2$ ; (c)  $A_1 < A_2$ . Resposta: \_\_\_\_\_ (0,25 pontos)

Pressão ( $P$ ): (a)  $P_1 > P_2$ ; (b)  $P_1 = P_2$ ; (c)  $P_1 < P_2$ . Resposta: \_\_\_\_\_ (0,25 pontos)

Entropia ( $s$ ): (a)  $s_1 > s_2$ ; (b)  $s_1 = s_2$ ; (c)  $s_1 < s_2$ . Resposta: \_\_\_\_\_ (0,25 pontos)

Velocidade ( $V$ ): (a)  $V_1 > V_2$ ; (b)  $V_1 = V_2$ ; (c)  $V_1 < V_2$ . Resposta: \_\_\_\_\_ (0,25 pontos)

Energia cinética ( $Ke$ ): (a)  $Ke_1 > Ke_2$ ; (b)  $Ke_1 = Ke_2$ ; (c)  $Ke_1 < Ke_2$ . Resposta: \_\_\_\_\_ (0,25 pontos)

Entalpia ( $h$ ): (a)  $h_1 > h_2$ ; (b)  $h_1 = h_2$ ; (c)  $h_1 < h_2$ . Resposta: \_\_\_\_\_ (0,25 pontos)

Massa específica ( $\rho$ ): (a)  $\rho_1 > \rho_2$ ; (b)  $\rho_1 = \rho_2$ ; (c)  $\rho_1 < \rho_2$ . Resposta: \_\_\_\_\_ (0,25 pontos)

Temperatura ( $T$ ): (a)  $T_1 > T_2$ ; (b)  $T_1 = T_2$ ; (c)  $T_1 < T_2$ . Resposta: \_\_\_\_\_ (0,25 pontos)

**Questão 04 (2 Pontos).** Uma onda de choque normal ocorre na área de seção de testes de um túnel de ventos supersônico. A montante da onda,  $M_1=3$ ,  $P_1=0,5\text{atm}$ ,  $T_1=200\text{K}$ . Encontre, após o choque:

- a) Mach (0,5 pontos)
- b) Pressão (0,5 pontos)
- c) Temperatura (0,5 pontos)
- d) Velocidade (0,5 pontos)

**Questão 05 (2 Pontos).** Um escoamento de ar possui temperatura de estagnação de 840K e  $Mach=3$ . Quanto de calor é necessário para estrangular o escoamento?