



**INSTITUTO
FEDERAL**

Santa Catarina

Câmpus
São José

Conceitos Gerais Sobre Energia e Transferência de Calor: Exercícios 5

Fenômenos de Transporte

Arthur Cadore Matuella Barcella

16 de Abril de 2025

Engenharia de Telecomunicações - IFSC-SJ

Sumário

1. Introdução:	3
2. Questões:	3
2.1. Questão 1:	3
2.1.1. a) ar a 27°C ($h = 280 \text{ W/m}^2\text{.K}$);	3
2.1.2. b) água a 80°C ($h = 3000 \text{ W/m}^2\text{.K}$).	3
2.2. Questão 2:	4
2.3. Questão 3:	5
2.4. Questão 4:	6
3. Referências:	6

1. Introdução:

O objetivo deste documento é estudar na apostila a introdução e até o capítulo 7, item 7.5, pp 162-163 e em seguida responder as questões apresentadas abaixo.

2. Questões:

2.1. Questão 1:

O cilindro de um motor de combustão interna tem 10cm de diâmetro por 15cm de altura. Este motor gera uma taxa de transferência de calor da ordem de 5 kW, que precisa ser dissipada por convecção. Considere que o cilindro troca calor apenas pela lateral.

Calcule a temperatura da parede externa do cilindro, quando se utiliza os seguintes fluidos para resfriamento:

2.1.1. a) ar a 27°C ($h = 280 \text{ W/m}^2\text{.K}$);

Para resolver essa questão, utilizaremos a seguinte fórmula:

$$Q = h.A.(\Delta T) \quad (1)$$

Onde

- Q = taxa de transferência de calor (W) -> 5000 W
- h = coeficiente de transferência de calor por convecção ($\text{W/m}^2\text{.K}$)
- A = área superficial do cilindro (m^2)
- ΔT = diferença de temperatura entre a superfície do cilindro e a temperatura do fluido ($^{\circ}\text{C}$)
-> $T_{\text{parede}} - T_{\text{fluido}}$

Inicialmente devemos calcular a área superficial do cilindro (lateral):

$$A = \pi.D.H = \pi.(0,1).(0,15) = 0,0477\text{m}^2 \quad (2)$$

Agora, substituímos os valores na fórmula:

$$T_{\text{parede}} = \frac{Q}{h.A} + T_{\text{fluido}} \rightarrow T_{\text{parede}} = \frac{5000}{280.(0,0477)} + 27 \quad (3)$$

Dessa forma, obtemos:

$$T_{\text{parede}} = \frac{5000}{13,188} + 27 \rightarrow T_{\text{parede}} = 379,4 + 27 \rightarrow T_{\text{parede}} = 406,4^{\circ}\text{C} \quad (4)$$

Portanto, a temperatura da parede externa do cilindro é de aproximadamente 406,4 °C.

2.1.2. b) água a 80°C ($h = 3000 \text{ W/m}^2\text{.K}$).

Aplicando a mesma formula apresentada anteriormente, temos que:

$$T_{\text{parede}} = \frac{Q}{h.A} + T_{\text{fluido}} \quad (5)$$

Onde:

- Q = taxa de transferência de calor (W) -> 5000 W
- h = coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m².K) -> 3000 W/m².K
- A = área superficial do cilindro (m²) -> 0,0477 m²
- T_{fluido} = temperatura do fluido (°C) -> 80°C

Dessa forma, temos:

$$T_{\text{parede}} = \frac{5000}{3000 \cdot (0,0477)} + 80 \rightarrow T_{\text{parede}} = \frac{5000}{143,1} + 80 \rightarrow T_{\text{parede}} = 34,9 + 80 \quad (6)$$

Portanto, a temperatura da parede externa do cilindro é de aproximadamente 114,9 °C.

2.2. Questão 2:

No problema anterior, supondo que o cilindro seja de aço ($k = 60,5$ W/m.K) e tenha 10mm de espessura, calcule a temperatura média dos gases no interior da câmara de combustão (cilindro) sabendo que o coeficiente de transferência de calor por convecção no interior do cilindro é de 150 W/m².K.

Para resolver essa questão, precisamos decompor a transferência de calor em três etapas:

- Convecção no interior do cilindro (gases -> parede)
- Condução através da parede do cilindro
- Convecção na superfície externa do cilindro (parede -> ar)

Assim, temos:

$$Q = T_g - \frac{T_{\infty}}{R_{\text{total}}} \quad (7)$$

Onde:

- Q = taxa de transferência de calor (W)
- T_g = temperatura média dos gases no interior do cilindro (°C)
- T_{∞} = temperatura do fluido (°C) -> 27°C
- R_{total} = resistência térmica total (°C/W)

A resistência térmica total é a soma das resistências térmicas de cada etapa:

$$R_{\text{total}} = R_{\text{convecção}} + R_{\text{condução}} + R_{\text{convecção}} = \frac{1}{h_{\text{interno}} \cdot A} + \frac{L}{k \cdot A} + \frac{1}{h_{\text{externo}} \cdot A} \quad (8)$$

Dessa forma:

$$R_{\text{total}} = \frac{1}{150 \cdot 0,0471} + \frac{0,01}{60,5 \cdot 0,0471} + \frac{1}{280 \cdot 0,0471} = 0,14 + 0,0035 + 0,075 \quad (9)$$

Obtendo um R_{total} de aproximadamente 0,2208 °C/W.

Agora, substituindo os valores na equação de transferência de calor:

$$T_g = Q \cdot R_{\text{total}} + T_{\infty} \rightarrow T_g = 5000 \cdot 0,2208 + 27 \rightarrow T_g = 1104 + 27 \rightarrow T_g = 1131^{\circ}\text{C} \quad (10)$$

Portanto, a temperatura média dos gases no interior da câmara de combustão (cilindro) é de aproximadamente 1131 °C.

2.3. Questão 3:

Um dos lados de uma parede plana de 5cm de espessura está exposto a uma temperatura ambiente de 38°C. A outra face da parede se encontra a 315°C. A parede perde calor para o ambiente por convecção. Se a condutividade térmica da parede é de 1,4 W/m.K, calcule o valor do coeficiente de transferência de calor por convecção para 1 m² de parede que deve ser mantido na face da parede exposta ao ambiente, de modo a garantir que a temperatura nessa face não exceda 41°C.

Para resolver a questão, precisamos de um coeficiente h para que a superfície da parede não exceda 41°C. Dessa forma, temos duas etapas de transferência de calor:

- Condução através da parede
- Convecção para o ambiente

Como as duas etapas estão em série, podemos igualar as duas equações de transferência de calor:

$$Q_{\text{condução}} = Q_{\text{convecção}} \rightarrow q = k \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L} = h \cdot A \cdot (T_2 - T_3) \quad (11)$$

Onde:

- Q = taxa de transferência de calor (W)
- k = condutividade do material (W/m.K) -> 1,4 W/m.K
- A = área superficial da parede (m²) -> 1 m²
- T_1 = temperatura da face da parede exposta ao ambiente (°C) -> 41°C
- T_2 = temperatura da face da parede em contato com o ar (°C) -> 315°C
- T_3 = temperatura do ar ambiente (°C) -> 38°C
- L = espessura da parede (m) -> 0,05 m
- $A = 1 \text{ m}^2$

Dessa forma, substituindo os valores na equação, temos:

$$A \cdot k \cdot \frac{T_2 - T_1}{L} = h \cdot (T_2 - T_3) \rightarrow 1 \cdot (1,4) \cdot \frac{315 - 41}{0,05} = h \cdot (41 - 38) \quad (12)$$

$$\frac{(1,4) \cdot 274}{0,05} = h \cdot 3 \rightarrow 7664 = h \cdot 3 \rightarrow h = \frac{7664}{3} \rightarrow h = 2554,67 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad (13)$$

Portanto, o coeficiente de transferência de calor de modo a garantir que a temperatura nessa face não exceda 41°C, é de aproximadamente 2554,67 W/m².K.

2.4. Questão 4:

Ar atmosférico a 25°C escoa sobre uma placa que se encontra a uma temperatura de 75°C. A placa tem 1,5m de comprimento por 75cm de largura. Calcule a taxa de transferência de calor que passa da placa para o ar, se o coeficiente de transferência de calor for de 5,0 W/m².K.

Para resolver essa questão, utilizaremos a seguinte fórmula:

$$Q = h.A.(T_s - T_\infty) \quad (14)$$

Onde:

- Q = taxa de transferência de calor (W)
- h = coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m².K) -> 5,0 W/m².K
- A = área superficial da placa (m²) -> 1,5.0,75 = 1,125 m²
- T_s = temperatura da superfície da placa (°C) -> 75°C
- T_∞ = temperatura do ar (°C) -> 25°C
- T_s - T_∞ = diferença de temperatura entre a superfície da placa e a temperatura do ar (°C)
-> 75 - 25 = 50°C

Dessa forma, substituindo os valores na fórmula, temos:

$$Q = h.A(T_s - T_\infty) \rightarrow Q = 5,0.1,125.(75 - 25) \rightarrow Q = 5,0.1,125.50 \quad (15)$$

Portanto, a taxa de transferência de calor que passa da placa para o ar é de aproximadamente 281,25 W.

3. Referências:

- Fundamentos de Fenômenos de Transporte de Celso P. Livi