

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
Instituto de Química

Lista de Exercícios 2 - Fenômenos de Transporte

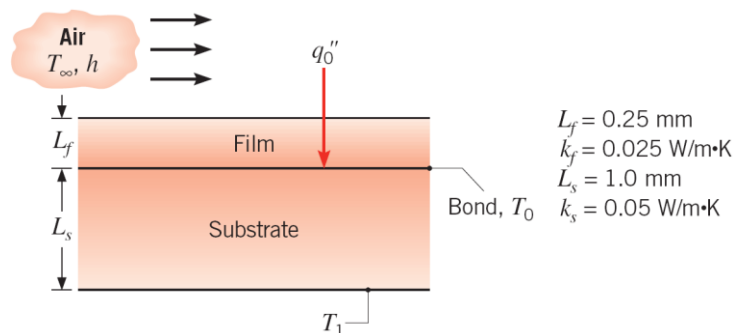
Curso: Pós-Graduação em Engenharia Química

Prof. Dr. Dyrney Araújo dos Santos

Exercício 1: Um cilindro com raio r_0 , comprimento L e condutividade térmica k está imerso em um fluido com coeficiente de transferência de calor por convecção h e temperatura desconhecida T_∞ . Em certo instante de tempo, a distribuição de temperaturas no cilindro é $T(r) = a + br^2$, na qual a e b são constantes. Obtenha expressões para a taxa de transferência em r_0 e para a temperatura do fluido.

Exercício 2: As paredes de uma geladeira são tipicamente construídas com uma camada de isolante entre dois painéis de folhas de metal. Considere uma parede feita com isolante de fibra de vidro, com condutividade térmica $k_i = 0,046 \text{ W/(m.K)}$ e espessura $L_i = 50 \text{ mm}$, e painéis de aço, cada um com condutividade térmica $k_p = 60 \text{ W/(m.K)}$ e espessura $L_p = 3 \text{ mm}$. Com a parede separando ar refrigerado a $T_{\infty,i} = 4^\circ\text{C}$ do ar ambiente $T_{\infty,e} = 25^\circ\text{C}$, determine o ganho de calor por unidade de área superficial. Os coeficientes associados à convecção natural nas superfícies interna e externa podem ser aproximados por $h_i = h_e = 5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{k)}$.

Exercício 3: Em um processo de fabricação, uma película transparente está sendo fixada sobre um substrato conforme mostrado no esboço. Para curar a adesão a uma temperatura T_0 uma fonte radiante é usada para fornecer um fluxo térmico q (W/m^2), que é totalmente absorvido na superfície da fixação. A parte interior do substrato é mantida a T_1 , enquanto a superfície livre da película está exposta ao ar a T_∞ , com coeficiente de transferência de calor por convecção h .

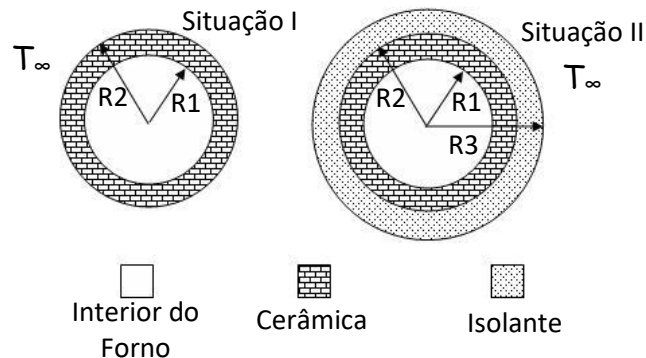


a) Mostre o circuito térmico que representa a situação de transferência de calor em regime estacionário. Certifique-se de que sejam identificados todos os elementos, nós e taxas de transferência de calor. Deixe na forma simbólica.

b) Suponha as seguintes condições: $T_\infty = 20^\circ\text{C}$, $h = 50 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ e $T_1 = 30^\circ\text{C}$. Calcule o fluxo térmico q_0 que é necessário para manter a temperatura da superfície de fixação a $T_0 = 60^\circ\text{C}$.

Exercício 4: Uma panificadora de Goiânia – GO queima GLP (gás liquefeito de petróleo) em seu forno industrial (cilíndrico) que atualmente está sem isolamento

(Situação I). Você foi contratado pelo gerente para fazer uma avaliação técnica sobre a possibilidade de utilizar um isolante térmico (Situação II) para diminuir os custos com o aquecimento do forno, nas seguintes condições:



Dados Técnicos acerca do forno industrial:

Comprimento do Forno (L)	10 m
Raio Interno do Forno (R1)	1,5 m
Raio Externo do Forno (R2)	2,0 m
Espessura do isolante (R3 – R2)	0,3 m
Temperatura da Parede Interna do Forno (T1)	250 °C
Temperatura Ambiente externa ao Forno (T _∞)	25 °C
Condutividade Térmica da Cerâmica (k _c)	0,050 W/(m.K)
Coefficiente Convectivo de Troca Térmica Externo (h)	0,400 W/(m ² .K)

De acordo com os dados técnicos apresentados anteriormente:

- Avalie a taxa de calor que o forno está perdendo atualmente para o ambiente externo, ou seja, sem isolamento térmico (Situação I).
- Avalie a condutividade térmica do isolante (k_i) necessária para que a taxa de calor seja reduzida em 40% (situação II).

Exercício 5: Um aquecedor elétrico delgado é enrolado ao redor da superfície externa de um longo tubo cilíndrico cuja superfície interna é mantida a uma temperatura de 5°C. A parede do tubo possui raios interno e externo iguais a 25 e 75 mm, respectivamente, e uma condutividade térmica de 10W/(m.K). A resistência térmica de contato entre o aquecedor e a superfície externa do tubo (por unidade de comprimento do tubo) é $R_{t,c} = 0,01 \text{ m.K/W}$. A superfície externa do aquecedor está exposta a um fluido com $T_{\infty} = -10^{\circ}\text{C}$, com um coeficiente convectivo $h = 100 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. Determine a potência do aquecedor, por unidade de comprimento do tubo, requerida para mantê-lo a $T_e = 25^{\circ}\text{C}$.

Exercício 6: Um tubo de aço inoxidável (com condutividade térmica $k_a = 14,2 \text{ W/m.K}$) usado para transportar um fluido farmacêutico refrigerado tem um diâmetro interno de 36 mm e uma espessura de parede de 2 mm. O fluido farmacêutico e o ar ambiente estão, respectivamente, nas temperaturas de 6°C e 23°C, respectivamente, enquanto os coeficientes convectivos interno e externo são $400\text{W/(m}^2\text{.K)}$ e $6\text{W/(m}^2\text{.K)}$, respectivamente.

- a) Qual é o ganho de calor por unidade de comprimento do tubo?
- b) Qual é o ganho de calor por unidade de comprimento, se uma camada de 10 mm de isolante de silicato de cálcio ($k_{\text{iso}} = 0,050 \text{ W}/(\text{m.K})$) for colocada sobre a superfície externa do tubo?

Exercício 7: Uma sonda criocirúrgica esférica pode ser introduzida em tecidos doentes com o propósito de congelar e dessa maneira destruir o tecido. Considere uma sonda com 3 mm de diâmetro cuja superfície é mantida a -30°C quando introduzida em um tecido que se encontra a 37°C . Uma camada esférica de tecido congelado se forma ao redor da sonda, com uma temperatura de 0°C na fronteira (interface) entre os tecidos congelado e normal. Se a condutividade térmica do tecido congelado é de aproximadamente $1,5 \text{ W}/(\text{m.K})$ e a transferência de calor na fronteira entre as fases pode ser caracterizada por um coeficiente convectivo efetivo de $50 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, qual é a espessura da camada de tecido congelado?

Exercício 8: Um tubo de 2 cm de diâmetro tem a parede mantida à temperatura de 90°C . Água saturada entra no tubo a uma temperatura média de 40°C saindo a uma temperatura média de 60°C . Se a água entra com velocidade de 3 m/s, calcule o comprimento do tubo necessário para o aquecimento nas seguintes condições:

- a) Tubo rugoso com rugosidade relativa igual a 0,001 (ϵ/D).
- b) Tubo liso.

Exercício 9: Considere um duto de área de seção transversal triangular de $0,04 \text{ m}^2$ (triângulo equilátero com lados iguais a l) e comprimento de 2 m. A vazão mássica de ar que entra no duto é de $4 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$ e se encontra a 27°C . Um fluxo térmico uniforme de $400 \text{ W}/\text{m}^2$ é imposto na superfície do duto. Estime a temperatura do ar e da superfície do duto na sua saída.

Dado: área de um triângulo equilátero: $A = \frac{l^2 \sqrt{3}}{4}$

Exercício 10: A composição da atmosfera seca padrão é dada na base molar como 78,1% de N_2 ($M_{\text{N}_2} = 28,0 \text{ kg}/\text{kmol}$), 20,9% de O_2 ($M_{\text{O}_2} = 32,0 \text{ kg}/\text{kmol}$), 1,0% de argônio ($M_{\text{argônio}} = 39,9 \text{ kg}/\text{kmol}$) e pequenas quantidades de outros componentes. Tratando os outros componentes como argônio, determine as frações em base mássica dos constituintes do ar.

Exercício 11: Uma mistura gasosa a 1 atm e 105°C (ou 378 K), está sendo transportada através de uma tubulação de 0,10 m de diâmetro interno e sua composição em % mássica em uma determinada posição é: $\text{CO} = 5\%$, $\text{N}_2 = 71\%$, $\text{O}_2 = 4\%$ e $\text{H}_2\text{O} = 20\%$. As velocidades absolutas de cada espécie, neste caso, são 0,10 m/s, 0,19 m/s, 0,13 m/s e 0,11 m/s, respectivamente. Considerando a mistura como um gás ideal, determine:

- (a) a taxa molar (em Kmol/s) difusiva do O_2 na mistura.
- (b) a taxa molar (em Kmol/s) advectiva do CO na mistura.
- (c) a taxa molar (em Kmol/s) absoluta da mistura (total).

Dados: Massa molar (g/gmol): $\text{CO} = 28,01$; $\text{N}_2 = 28,01$; $\text{O}_2 = 32,00$; e $\text{H}_2\text{O} = 18,02$.
Constante universal dos gases: $0,08206 \text{ (atm.m}^3)/(\text{Kmol.K})$

Exercício 12: Considere um recipiente de 4 L preenchido com dióxido de carbono ($M_A = 44,01 \text{ kg/kmol}$) puro a 25°C (298K) e 5 atm. Um tampão de borracha circular de 20 mm de diâmetro de 10 mm de espessura é usado para conter o gás dentro do recipiente. O recipiente está em um local bastante ventilado, sendo que a concentração de dióxido de carbono no ambiente externo pode ser considerada nula. Sabendo que a difusividade do dióxido de carbono (componente A) na borracha (componente B) a 25°C é $D_{AB} = 1,1 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, determine a massa em gramas de dióxido de carbono perdida pelo tampão de borracha por ano.

