

Mathcad aplicado em problemas de Engenharia Química

Lista de Exercícios

Questão 1 (aplicação em termodinâmica):

As equações de estado são importantes para descrever o comportamento PVT e diversas propriedades termodinâmicas. Uma das mais usadas equações de estado cúbica é a de Redlich-Kwong, dada por:

$$P = \frac{R \cdot T}{v - b} - \frac{a}{\sqrt{T} \cdot v \cdot (v + b)}$$

sendo os parâmetros a e b da equação de estado dependentes das propriedades críticas do composto, na forma:

$$a = \frac{0,42748 \cdot R^2 \cdot T_c^{2,5}}{P_c}$$
$$b = \frac{0,08664 \cdot R \cdot T_c}{P_c}$$

Sabendo-se que a pressão de vapor do cloro de metila a 333 K é de 13,76 bar, estime os volumes molares do vapor saturado e do líquido saturado nestas condições, usando a equação de estado cúbica de Redlich-Kwong:

$$\text{Dados: } P_c = 66,8 \text{ bar ; } T_c = 416,3 \text{ K; } R = 83,14 \frac{\text{bar} \cdot \text{cm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

-Resposta:

Sabe-se que nas equações cúbicas a raiz central é descartada, logo a resposta é (em cm³):
resp(V1) = 71.296 resp(V3) = 1.712*10³

Questão 2 (aplicação em fenômenos de transporte):

Num tubo horizontal longo, com diâmetro $D = 0,076\text{m}$ (3") e comprimento $L = 30\text{ m}$, ocorre o escoamento de água na temperatura de $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Considerando que a queda de pressão (ΔP) deve ser limitada a $\Delta P = 1,38 \cdot 10^4\text{ Pa}$, calcule a velocidade da água para atender tal condição.

Dados:

Densidade da água: $\rho = 1000\text{ Kg/m}^3$

Viscosidade da água: $\mu = 1,3 \cdot 10^{-3}\text{ Kg/m}\cdot\text{s}$

A equação que relaciona a queda de pressão com o fator de fricção (f) para tubos dispostos em linha reta é dada por:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{2 \cdot f \cdot \rho \cdot v^2}{D} \quad (1)$$

A equação de Karman permite relacionar o fator de fricção (f) com o número de Reynolds para tubos lisos, na forma:

$$\frac{1}{\sqrt{f/2}} = 2,5 \cdot \ln \left(\text{Re} \cdot \sqrt{f/8} \right) + 1,75 \quad (2)$$

Sendo o número de Reynolds expresso por:

$$\text{Re} = \frac{D \cdot \rho \cdot v}{\mu} \quad (3)$$

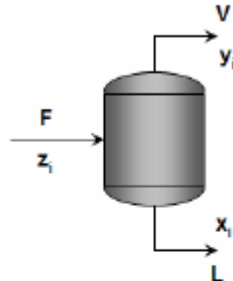
Desta forma, fazendo-se a substituição na Equação 2 de f (isolado a partir da Equações 1) e Re (Equação 3), é possível determinar a velocidade para as condições estabelecidas no escoamento.

-Resposta:

$$v = 2,013\text{ m/s}$$

Questão 3 (aplicação em processos de separação e termodinâmica):

Uma mistura formada pelos componentes (1) acetona, (2) acetonitrila e (3) nitrometano é alimentada com vazão molar $F = 1 \text{ mol/s}$ num separador tipo *flash* a 80°C e 110 kPa com composição: $z_1 = 0,45$; $z_2 = 0,35$; e $z_3 = 0,20$. A figura abaixo mostra um esquema do sistema, sendo z_i , x_i e y_i as frações molares do componente i na alimentação, no fundo e no topo do vaso, respectivamente. A massa total de líquido e vapor acumulada no vaso, bem como a temperatura e a pressão são consideradas constantes.



Assumindo o equilíbrio entre as fases líquido-vapor e definindo a relação de equilíbrio segundo a equação de Raoult

$$K_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{P_i^{\text{sat}}}{P} \quad \text{com:} \quad P_1^{\text{sat}} = 195,75 \text{ kPa} \quad P_2^{\text{sat}} = 97,84 \text{ kPa} \quad P_3^{\text{sat}} = 50,32 \text{ kPa}$$

Calcule as vazões molares L e V , bem como as composições x_i e y_i .

Para a resolução do problema, as equações obtidas dos balanços molares do sistema, devem ser resolvidas na seguinte sequência:

(i) Para determinar V :
$$g(V) = \sum_{i=1}^n \frac{z_i \cdot (K_i - 1)}{1 + V \cdot (K_i - 1)} = 0$$

(ii) Para determinar L :
$$F = V + L$$

(iii) Para determinar x_i e y_i :
$$z_i \cdot F = x_i \cdot L + y_i \cdot V \quad \text{e} \quad K_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{P_i^{\text{sat}}}{P}$$

Obs.:
$$\frac{dg}{dV} = - \sum_{i=1}^n \frac{z_i \cdot (K_i - 1)^2}{[1 + V \cdot (K_i - 1)]^2}$$

-Respostas:

$$V = 0.737; L = 0.263$$

$$\begin{array}{ll} x_1 = 0.286 & y_1 = 0.509 \\ x_2 = 0.381 & y_2 = 0.339 \\ x_3 = 0.333 & y_3 = 0.152 \end{array}$$