Raices de ecuaciones

1. Un proyecto de diseño en ingeniería química requiere que se calcule exactamente el volumen molar (v) del dióxido de carbono y del oxígeno para diferentes combinaciones de temperatura y presión, de tal forma que los recipientes que contengan dichos gases se puedan seleccionar apropiadamente. Usando la ley de los gases ideales es posible calcular el volumen molar:
$$v = \frac{V}{n} = \frac{RT}{p}. \tag{1}$$
Una ecuacion de estado alternativa para los gases esta dada por:
$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT, \tag{2}$$
conocida como la ecuación de van der Waals, donde $v = V/n$ es el volumen molar, a y b son constantes empíricas que dependen del gas que se analiza. También es importante examinar qué tan bien se apega cada gas a la ley de los gases ideales, comparando el volumen molar calculado con las ecuaciones (1) y (2). Se proporcionan los siguientes datos:
   - $R = 0.082054$ L atm/(mol K)
   - Bióxido de carbono: $a = 3.59$, $b = 0.04267$.
   - Oxígeno: $a = 1.360$, $b = 0.03183$.

   Las presiones de diseño de interés son de 1, 10 y 100 atmósferas para combinaciones de temperatura de 300, 500 y 700 K.

2. En ingeniería química, los reactores de flujo tipo tapón (es decir, aquellos en que el fluido va de un extremo al otro con una mezcla mínima a lo largo del eje longitudinal) se usan para convertir reactantes en productos. Se ha determinado que la eficiencia de la conversion algunas veces se mejora recirculando una porción de la corriente del producto, de tal forma que regrese a la entrada para un paso adicional a través del reactor (figura P8.2). La razón de recirculando se define como:
$$R = \frac{\text{volumen de fluido que regresa a la entrada}}{\text{volumen que sale del sistema}} \tag{3}$$
Suponga que se está procesando una sustancia química A para generar un producto B. Para el caso en que A forma a B de acuerdo con una reacción autocatalítica (es decir, en la cual uno de los productos actúa como catalizador o estimulante en la reacción), es posible demostrar que una razón óptima de recirculación debe satisfacer
$$ln\left[\frac{1 + R(1 - X_{Af})}{R(1 - X_{Af})}\right] = \frac{R + 1}{R[1 + R(1 - X_{Af})]} \tag{4}$$

donde X_A es la fracción del reactante A que se convierte en el producto B. La razón óptima de recirculación corresponde a un reactor de tamaño mínimo necesario para alcanzar el nivel deseado de conversión. Utilice un método numérico para determinar la razón de recirculación necesaria, de manera que se minimice el tamaño del reactor para una conversión fraccional de $X_A = 0.95$.

3. La ecuación de estado de Redlich-Kwong está dada por

$$p = \frac{RT}{v - b} - \frac{a}{v(v + b)\sqrt{T}} \tag{5}$$

donde R = la constante universal de los gases [= 0.518 kJ/(kg K)], T = temperatura absoluta (K), p = presión absoluta (kPa) y v = volumen de un kg de gas (m^3/kg). Los parámetros a y b se calculan mediante

$$a = 0.427\frac{R^2 T_c^{2.5}}{p_c} \quad b = 0.0866R\frac{T_c}{p_c} \tag{6}$$

donde $p_c = 4580$ kPa y $T_c = 191$ K. Como ingeniero químico, se le pide determinar la cantidad de combustible metano que se puede almacenar en un tanque de 3 m^3 a una temperatura de $50°C$ con una presión de 65 000 kPa. Emplee el método de localización de raíces de su elección para calcular v y luego determine la masa de metano contenida en el tanque.

4. La ecuación de Ergun, que se da abajo, sirve para describir el flujo de un líquido a través de un lecho empacado. ΔP es la caída de presión, r es la densidad del fluido, G_O es la velocidad másica (el cociente del flujo de masa dividido entre el área de la seccion transversal), D_p es el diámetro de las partículas dentro del lecho, μ es la viscocidad del fluido, L es la longitud del lecho y ϵ es la fracci'on vacía del lecho.

$$\frac{\Delta p \rho}{G_O^2}\frac{D_p}{L}\frac{\epsilon^3}{(1-\epsilon)} = 150\frac{(1-\epsilon)}{\left(\frac{D_p G_O}{\mu}\right)} + 1.75 \tag{7}$$

Dados los siguientes valores para los parámetros encuentre la fracción vacía e del lecho.

$$\frac{D_p G_O}{\mu} = 1,000 \tag{8}$$

$$\frac{\Delta p \rho}{G_O^2}\frac{D_p}{L} = 10 \tag{9}$$

Sistemas de Ecuaciones

1. El siguiente problema presenta un sistemas de ecuaciones generado por un circuito elctrico con una sola fuente de voltaje y cinco resistores. $R_1 = 450$

ohm, $R_2 = 350$ ohm, $R_3 = 520$ ohm, $R_4 = 100$ ohm, $R_5 = 1000$ ohm y $V_1 = 10$ V.

$$\begin{aligned} V_1 + R_2(i_1 - i2) + R_4(i_1 - i_3) &= 0, \\ R_1 i_2 + R_3(i_2 - i_3) + R_2(i_2 - i_1) &= 0, \\ R_3(i_3 - i_2) + R_5 i_3 + R_4(i_3 - i_1) &= 0. \end{aligned}$$

Calcule las corrientes de la malla mediante el Método de Gauss-Seidel usando los valores de resistencia y voltaje dados.

2. En la Figura 1 se muestran tres reactores conectados por tubos. Como se indica, la tasa de transferencia de productos químicos a través de cada tubo es igual a la tasa de flujo (Q, en unidades de metros cúbicos por segundo) multiplicada por la concentración del reactor desde el que se origina el flujo (c, en unidades de miligramos por metro cúbico). Si el sistema se encuentra en estado estacionario (estable), la transferencia de entrada a cada reactor balanceará la de salida. Desarrolle las ecuaciones del balance de masa para los reactores y resuelva las tres ecuaciones algebraicas lineales simultáneas para sus concentraciones.

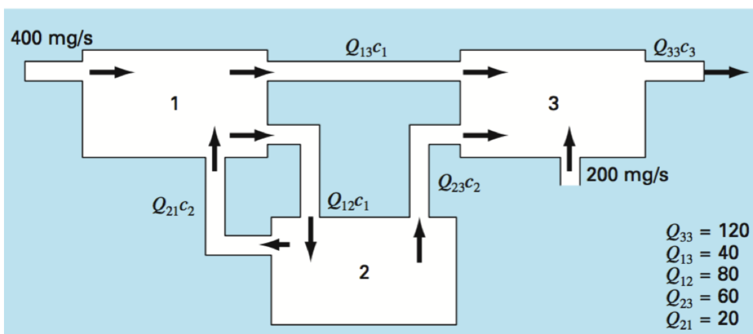

Figure 1: Tres reactores unidos por tubos. La tasa de transferencia de masa a través de cada tubo es igual al producto de flujo Q y la concentración c del reactor desde el que se origina el flujo.

3. (12.7) Determine la concentración de cloruro en cada uno de los Grandes Lagos con el uso de la información que se muestra en la figura 2.

4. (12.34)Se conectan tres bloques por medio de cuerdas carente de peso y se dejan en reposo en un plano inclinado (véase la Figura **??** a). Realizando un análisis se llega al conjunto siguiente de ecuaciones simultáneas (en la Figura **??** b se muestran los diagramas de cuerpo libre):

$$\begin{aligned} 100a + T &= 519.72 \quad (10) \\ 50aT + R &= 216.55 \quad (11) \\ 25aR &= 108.27 \quad (12) \end{aligned}$$

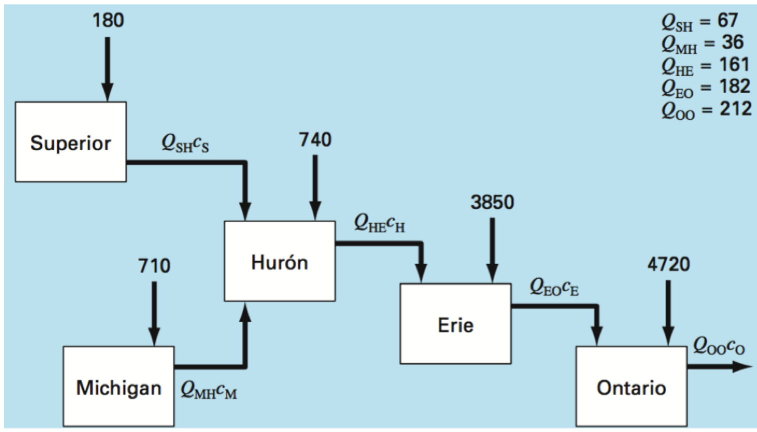

Figure 2: Balance del cloro en los Grandes Lagos. Las flechas numeradas denotan entradas directas.

Resuelva para la aceleración a y las tensiones T y R en las dos cuerdas.

5. Los sistemas idealizados de masa-resorte tienen aplicaciones numerosas en la ingeniería. La Figura **??** muestra un arreglo de cuatro resortes en serie comprimidos por una fuerza de 1500 kg. En el equilibrio, es posible desarrollar ecuaciones de balance de fuerza si se definen las relaciones entre los resortes

$$k_2(x_2x_1) = k_1x_1 \tag{13}$$
$$k_3(x_3x_2) = k_2(x_2x_1) \tag{14}$$
$$k_4(x_4x_3) = k_3(x_3x_2) \tag{15}$$
$$F = k_4(x_4x_3) \tag{16}$$

donde las k son constantes de los resortes. Si de k_1 a k_4 son $1050, 80$ y 200 N/m, respectivamente, calcule el valor de las x.

6. En la Figura **??** se ilustra un proceso de extracción e etapas. En tales sistemas, una corriente que contiene una fracción de peso Y_{ent} de un producto químico ingresa por la izquierda con una tasa de flujo de masa de F_1. En forma simultánea, un solvente que lleva una fracción de peso X_{ent} del mismo producto qumico entra por la derecha con una tasa de flujo de F_2. Asií, para la etapa i, el balance de masa se representa como

$$F_1Y_{i-1} + F_2X_{i+1} = F_1Y_i + F_2X_i \tag{17}$$

En cada etapa, se supone que se establece el equilibrio entre Y_i y X_i, como en

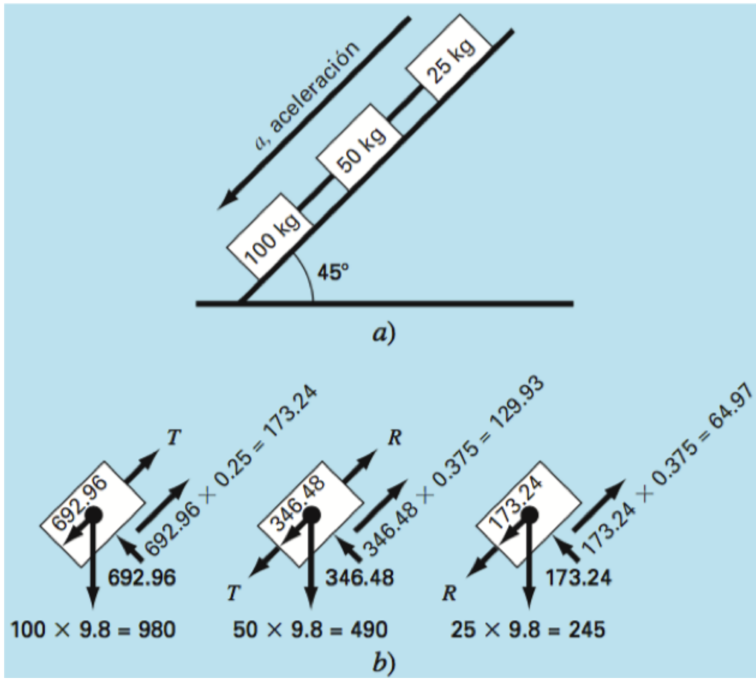

Figure 3: Diagrama de bloques

$$Y_{i-1} - \left(1 + \frac{F_2}{F_1}K\right) Y_i + \left(\frac{F_2}{F_1}K\right) Y_{i+1} = 0 \tag{18}$$

donde K se denomina coeficiente de distribución. La ecuación (18) puede resolverse para X_i y se sustituye en la ecuación (17) para producir

$$K = \frac{X_i}{Y_i} \tag{19}$$

Si $F_1 = 500$ kg/h,$Y_{\text{ent}} = 0.1$, $F_2 = 1000$ kg/h, $X_{\text{ent}} = 0$ y $K = 4$, determine los valores de Y_{sal} y X_{sal}, si se emplea un reactor de cinco etapas. Obsérvese que debe modificarse la ecuación (19) para tomar en cuenta las fracciones de peso del flujo de entrada cuando se aplique a la primera y última etapas.

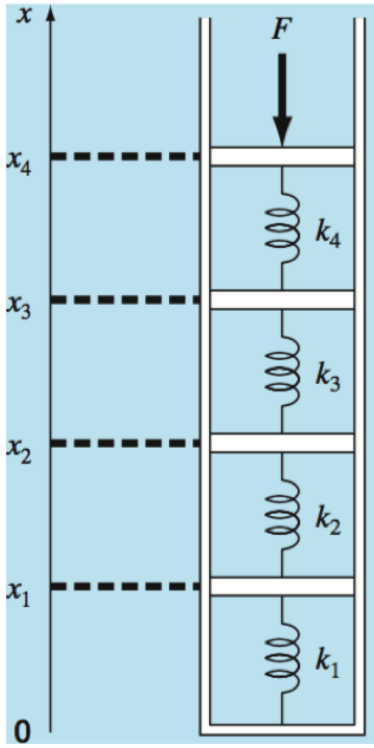

Figure 4: Arreglo de resortes

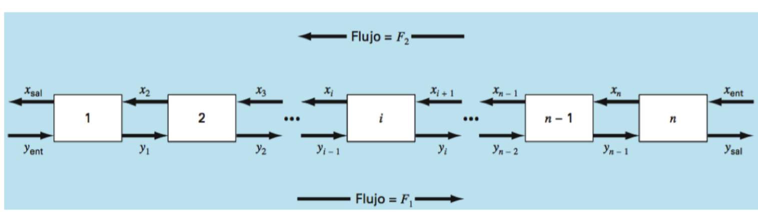

Figure 5: Una etapa del proceso de extracción.