Problemas Primer Parcial

Utilice Julia para resolver los siguientes problemas. Genere el modelo para todos los problemas que se requiera. Considere que varios de ellos llevan un método numérico asociado para su resolución. Incluya el código y un análisis ingenieril comentando sobre el comportamiento de las variables con las que está trabajando y los principios físicos asociados a cada fenómeno. Incluya las gráficas correspondientes en los problemas que lo requieran. No olvide incluir los resultados y su análisis.

1. Se sabe que el aire frío se siente mucho más frío cuando hace viento, que lo que indica el termómetro; eso se debe al “efecto frigorífico” del viento, el cual está asociado al aumento en el coeficiente de transferencia de calor por convección al aumentar la velocidad del aire. La temperatura equivalente por enfriamiento de viento, en °F, se determina con la ecuación:

$$T_{\text{equiv}} = 91.4 - (91.4 - T_{\text{ambiente}}) \times 0.475 - 0.0203V + 0.304\sqrt{V}$$

   donde V es la velocidad del viento, en mi/h, y $T_{ambiente}$ la temperatura del aire ambiente, en °F. Se supone que el aire ambiente es inmóvil cuando los vientos son ligeros, hasta de 4 mi/h. La constante 91.4 °F en esta ecuación es la temperatura promedio de la piel de una persona en reposo, en un ambiente confortable. La temperatura equivalente con aire a $T_{ambiente}$, en movimiento a la velocidad V, se sentirá como si el aire estuviera a la temperatura T_{equiv}. Aplique los factores de conversión adecuados para obtener una ecuación equivalente en unidades SI, donde V sea la velocidad del viento, en km/h, y $T_{ambiente}$ sea la temperatura del aire ambiente en °C. Grafique las temperaturas equivalentes por enfriamiento de viento, en °F y °C, en función de la velocidad del viento, entre los límites de 4 a 40 mi/h y sus correspondientes en km/h, para temperaturas ambiente de 20, 40 y 60 °F. Describa los resultados.

2. La solución de la expresión:

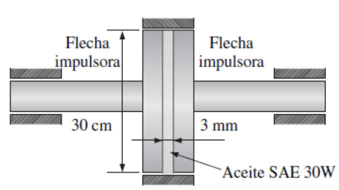
$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

   Considerando la condición inicial $T(x,0) = 1$ y las condiciones de frontera $T(0,t) = 0$ y $T(1,t) = 0$, la temperatura está dada por la serie de Fourier:

$$T(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{4}{(2k-1)\pi} \sin[(2k-1)\pi x] \exp[-(2k-1)^2\pi^2 t]$$

   Escriba un código que permita calcular las temperaturas para $x = 0.1, 0.25, 0.5, 0.75$ y 0.9. Considere 100 formas diferentes de la transformada (k=1→100). Considere un minuto de operación con t en segundos y grafique los resultados de T con tiempos $t=1 \rightarrow 60$.

3. El sistema de embrague que se muestra en la figura se usa para transmitir par de torsión mediante una película de aceite con μ = 0.38 N s/m2 que está entre dos discos idénticos de 30 cm de diámetro. Cuando la flecha impulsora gira a una velocidad de 1 450 rpm, se observa que la flecha impulsada gira a 1 398 rpm. Suponiendo un perfil lineal de velocidad para la película de aceite, determine el par de torsión transmitido.



Con Julia, investigue el efecto del espesor de la película de aceite en el par de torsión transmitido. Haga que el espesor de la película varíe desde 0.1 mm hasta 10 mm. Trace la gráfica de los resultados que obtenga y exprese sus conclusiones.

4. La variación de la viscosidad dinámica del agua con la temperatura absoluta se da como:

T, K	μ, Pa · s
273.15	1.787×10^{-3}
278.15	1.519×10^{-3}
283.15	1.307×10^{-3}
293.15	1.002×10^{-3}
303.15	7.975×10^{-4}
313.15	6.529×10^{-4}
333.15	4.665×10^{-4}
353.15	3.547×10^{-4}
373.15	2.828×10^{-4}

Con los datos de la tabla desarrolle una relación para la viscosidad en la forma de $\mu = \mu(T) = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$. Use la relación desarrollada, prediga las viscosidades dinámicas del agua a 50°C, a la cual el valor reportado en la literatura es de 5.468×10^{-4} Pa·s. Compare su resultado con los de la ecuación de Andrade, la cual se da en la forma de $\mu = D \cdot e^{B/T}$, donde D y B son constantes cuyos valores se deben determinar usando los datos de la viscosidad.

5. Entra vapor estacionariamente a una turbina a 7 MPa y 600 °C con una velocidad de 60 m/s, y sale a 25 kPa con una calidad de 95 %. Durante el proceso ocurre una pérdida de calor de 20 kJ/kg. El área de entrada de la turbina es de 150 cm^2, y el área de salida es de 1 400 cm^2. Determine el flujo másico del vapor, la velocidad de salida y la potencia desarrollada. Utilice Julia para investigar los efectos del área de salida de la turbina y la presión de salida de la turbina en la velocidad de la salida y la producción de potencia de la turbina. Suponga que la presión de salida varía de 10 a 50 kPa (con la misma calidad), y el área de salida varía de 1 000 a 3 000 cm^2. Grafique la velocidad de salida y la potencia desarrollada contra la presión de salida para las áreas de salida de 1 000, 2 000 y 3 000 cm^2, y explique los resultados.

6. Una mezcla líquido-vapor de etilbenceno y tolueno tiene una presión parcial de 250 mm Hg de etilbenceno y 343 mm Hg de tolueno. Escriba un código que calcule la composición de la mezcla (fracciones molares líquidas y gaseosas) y la temperatura de la mezcla considerando un comportamiento ideal. La presión de saturación se puede aproximar utilizando la ecuación de Antoine, en mm Hg y Celsius:

$$\log_{10} P^{\text{sat}} = A - \frac{B}{T + C}$$

Utilizando los parámetros de la siguiente tabla:

Chemical	A	B	C
Ethylbenzene	6.957 19	1424.255	213.21
Toluene	6.954 64	1344.8	219.48

7. En un proceso el vapor de agua (H_2O) se calienta a temperaturas lo suficientemente altas para que una porción significativa del agua se disocie, o se rompa, para formar oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2):

$$H_2O \rightleftharpoons H_2 + \tfrac{1}{2}O_2$$

Si se supone que ésta es la única reacción que se lleva a cabo, la fracción molar x de H_2O que se disocia se representa por:

$$K = \frac{x}{1-x}\sqrt{\frac{2p_t}{2+x}}$$

donde K = la constante de equilibrio de la reacción y p_t = la presión total de la mezcla. Si p_t = 3 atm y K = 0.05, determine el valor de x que satisfaga la ecuación.

8. La ecuación de Van der Waals para un gas real utilizando P en atm, Volumen en litros y T en K es expresada de la siguiente manera:

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2 a}{V^2}$$

n es el número de moles.
Considere que tiene 1.5 moles de nitrógeno (a = 1.39 MPa L^2/mol^2 y b = 0.03913 L/mol) confinados en un recipiente a presión, el cual se encuentra a 13.5 atm. Determine el volumen del recipiente.

9. Las siguientes reacciones químicas se llevan a cabo en un sistema cerrado

$$2A + B \rightleftharpoons C$$
$$A + D \rightleftharpoons C$$

En equilibrio, éstas pueden caracterizarse por

$$K_1 = \frac{c_c}{c_a^2 c_b}$$
$$K_2 = \frac{c_c}{c_a c_d}$$

donde la nomenclatura representa la concentración del componente i. Si x_1 y x_2 son el número de moles de C que se producen debido a la primera y segunda reacciones, respectivamente, emplee un método similar al del problema anterior para reformular las relaciones de equilibrio en términos de las concentraciones iniciales de los componentes. Después, use el método de Newton-Raphson para resolver el par de ecuaciones simultáneas no lineales para x_1 y x_2 si $K_1 = 4 \times 10^{-4}$, $K_2 = 3.7 \times 10^{-2}$, $c_{a,0} = 50$, $c_{b,0} = 20$, $c_{c,0} = 5$ y $c_{d,0} = 10$. Utilice un método gráfico para proponer los valores iniciales.

10. En una sección de tubo, la caída de presión se calcula así:

$$\Delta p = f \frac{L \rho V^2}{2D}$$

donde Δp = caída de presión (Pa), f = factor de fricción, L = longitud del tubo [m], ρ = densidad (kg/m3), V = velocidad (m/s) y D = diámetro (m). Para el flujo turbulento, la ecuación de Colebrook proporciona un medio para calcular el factor de fricción,

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right)$$

donde ε = rugosidad (m) y Re = número de Reynolds,

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho V D}{\mu}$$

donde μ = viscosidad dinámica (N ·s/m2).
Determine Δp para un tramo horizontal de tubo liso de 0.2 m de longitud, dadas ρ = 1.23 kg/m3, μ= 1.79 × 10–5 N ·s/m^2, D = 0.005 m, V = 40 m/s y ε = 0.0015 mm. Utilice un método numérico para determinar el factor de fricción. Obsérvese que los tubos lisos tienen Re < 10^5, un valor inicial apropiado se obtiene con el uso de la fórmula de Blasius, $f = 0.316/\mathrm{Re}^{0.25}$. Repita el cálculo, pero para un tubo de acero comercial más rugoso (ε = 0.045 mm).

11. Un intercambiador de calor que opera a contracorriente se caracteriza mediante la ecuación:

$$Q = UA\Delta T_{lm}$$

Donde Q es el calor transferido entre corrientes y A es el área del intercambiador. ΔT_{lm} se calcula a partir de la expresión:

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_2' - T_2) - (T_1' - T_1)}{\ln(T_2' - T_2) - \ln(T_1' - T_1)}$$

Donde T_2 y T_1 son las temperaturas de entrada de las corrientes 1 y 2. T'_2 y T'_1 son las temperaturas de salida de ambas corrientes. Por primera ley de la Termodinámica, se considera que:

$$Q = \dot{m}C_p(T_2 - T_1)$$

m es el flujo y Cp es la capacidad calorífica de la corriente interna del intercambiador. Como T2 > T1, Q es positivo. Se puede realizar un balance similar para la corriente externa.

La corriente interna tiene un flujo de 3 kg/s y un Cp de 2.3 kJ/kg ◦C. La corriente externa tiene valores de 5 kg/s y 4 kJ/kg ◦C respectivamente. El intercambiador enfría la corriente externa desde 100 hasta 50 °C. La corriente interna entra en rangos de 15 a 25 °C. Grafique las temperaturas de salida y áreas para cada temperatura de entrada de la corriente interna. Determine un área promedio para la operación del intercambiador y grafique las temperaturas de salida para la corriente interna.

12. Considere los coeficientes *a…h* en la siguiente reacción. Utilizando el método algebraico, obtenga los valores de los coeficientes para que quede balanceada.

$$(Cr(N_2H_4CO)_6)_4(Cr(CN)_6)_3 + aKMnO_4 + bH_2SO_4 \rightarrow$$
$$cK_2Cr_2O_7 + dMnSO_4 + eCO_2 + fKNO_3 + gK_2SO_4 + hHO_2$$

13. Un compresor opera a una razón de compresión R_c de 3.0 (esto significa que la presión del gas en la salida es tres veces mayor que en la entrada). Los requerimientos de energía del compresor H_p se determinan por medio de la ecuación:

$$\mathrm{HP} = \frac{zRT_1}{\mathrm{MW}}\frac{n}{n-1}\left(R_c^{(n-1)/n} - 1\right)$$

Suponga que los requerimientos de energía del compresor son exactamente iguales a zRT_1/MW, y encuentre la eficiencia politrópica n del compresor. El parámetro z es la compresibilidad del gas en las condiciones de operación del compresor, R es la constante de los gases, T_1 es la temperatura del gas en la entrada del compresor y MW es el peso molecular del gas.

14. El objetivo de este problema es realizar el computo de los diagramas de equilibrio P-V y P-T para un componente simple, un fluido, que se describe mediante las ecuaciones de Van der Waals:

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

Donde P es la presión, R es la constante de gases ideales, T es la temperatura, V es el volumen molar y a y b son constantes. El fenómeno que analizaremos considera valores supercríticos, por lo cual las unidades a utilizar son MPa para la presión y L/mol para el volumen. El fluido analizado tiene valores de a = 2.5 MPa L^2/mol^2 y b = 0.2 L/mol. Los valores críticos pueden ser calculados utilizando las relaciones de Van der Waals

$$V_c = 3b, P_c = \frac{a}{27b^2}, T_c = \frac{8a}{27Rb}$$

También se pueden computar los valores para las siguientes funciones:

$$H^d = RT(Z-1) - \frac{a}{V}$$

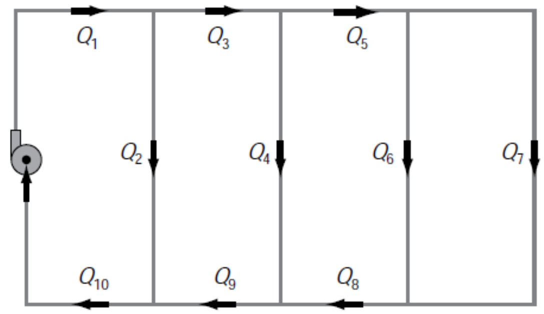
$$S^d = R\ln Z + R\ln\frac{V-b}{V}$$

Donde $Z = PV/RT$

Considere un fluido supercrítico a 470 K y P=3MPa. Calcule el resto de las propiedades. Para hacer su diagrama considere el diagrama de isoterma incluyendo los valores de V.

15. Un fluido se bombea en la red de tubos que se muestra en la figura. En estado estacionario, se cumplen los balances de flujo siguientes:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$
$$Q_3 = Q_4 + Q_5$$
$$Q_5 = Q_6 + Q_7$$



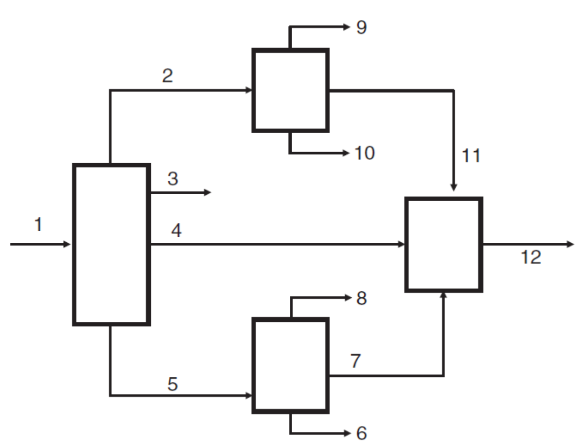
donde Q_i = flujo en el tubo i [m³/s]. Además, la caída de presión alrededor de los tres lazos en los que el flujo es hacia la derecha debe ser igual a cero. La caída de presión en cada tramo de tubo circular se calcula por medio de la ecuación:

$$\Delta P = \frac{16}{\pi^2}\frac{fL\rho}{2D^5}Q^2$$

donde ΔP = caída de presión (Pa), f = factor de fricción (adimensional), L = longitud del tubo (m), ρ = densidad del fluido (kg/m³) y D = diámetro del tubo (m). Escriba un programa (o desarrolle un algoritmo en algún paquete de software de matemáticas) que permita calcular el flujo en cada tramo de tubo, dado que Q_1 = 1 m3/s y ρ = 1.23 kg/m³. Todos los tubos tienen D = 500 mm y f = 0.005. Las longitudes de los tubos son: $L_3 = L_5 = L_8 = L_9 = 2$ m; $L_2 = L_4 = L_6 = 4$ m, y $L_7 = 8$ m.
Repita el problema, pero incorpore el hecho de que el factor de fricción se calcula con la ecuación de Von Karman. Obsérvese que, para un tubo circular, $V = 4Q/\pi D^2$. Asimismo, suponga que el fluido tiene una viscosidad de 1.79×10^{-5} N · s/m².

16. Considere un proceso que tiene la siguiente estructura y es descrito por el sistema de ecuaciones que se muestra:

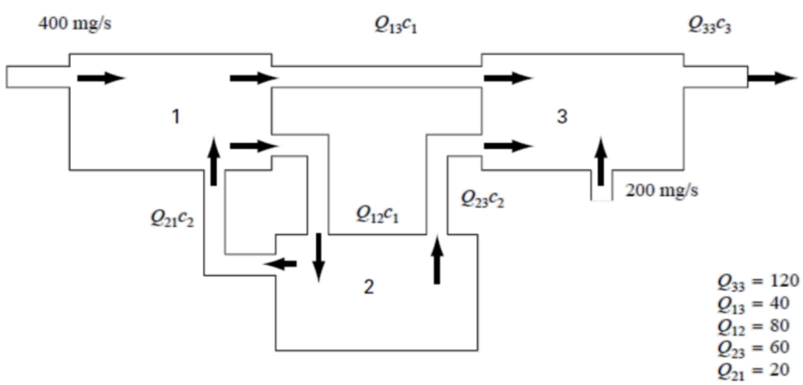
$$m_1 = m_2 + m_3 + m_4 + m_5$$
$$m_2 = m_9 + m_{10} + m_{11}$$
$$m_5 = m_8 + m_7 + m_6$$



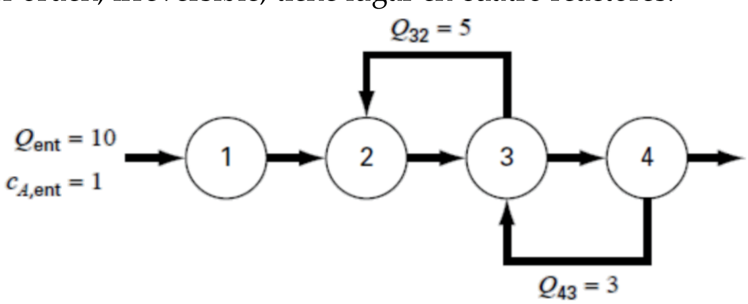
A partir de los datos siguientes, genere un código que resuelva los valores para cada una de las corrientes involucradas en el sistema.

$$m_{12} = m_4 + m_7 + m_{11}$$
$$m_1 = 100$$
$$m_5 = 5m_8$$
$$0.84m_{12} = m_4 + m_7$$
$$0.7m_1 = m_2 + m_3$$
$$0.55m_1 = m_9 + m_{12}$$
$$0.2m_9 = m_{10}$$
$$0.85m_2 = m_9 + m_{11}$$
$$3.2m_6 = m_7 + m_8$$

17. En la figura 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.



18. Una reacción de primer orden, irreversible, tiene lugar en cuatro reactores.



Así, la tasa a la cual A se transforma en B se representa por

$$A \xrightarrow{k} B \qquad R_{ab} = kVc$$

Los reactores tienen volúmenes diferentes, y debido a que se operan a temperaturas diferentes, cada uno tiene distinta tasa de reacción:

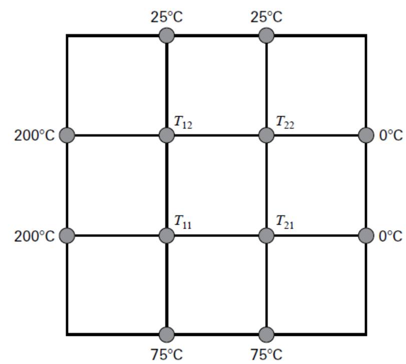
Reactor	V, L	k, h⁻¹
1	25	0.05
2	75	0.1
3	100	0.5
4	25	0.1

Determine la concentración de A y B en cada uno de los reactores en estado estable.

19. La distribución de temperatura de estado estable en una placa caliente está modelada por la ecuación de Laplace:

$$0 = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$$

Si se representa la placa por una serie de nodos, las diferencias finitas divididas se pueden sustituir por las segundas derivadas, lo que da como resultado un sistema de ecuaciones algebraicas lineales. Utilice el método de Gauss-Seidel para resolver cuáles son las temperaturas de los nodos que se aprecian en la figura.



20. Se sabe que el esfuerzo a la tensión de un plástico se incrementa como función del tiempo que recibe tratamiento a base de calor. Se obtuvieron los datos siguientes:

Tiempo	10	15	20	25	40	50	55	60	75
Esfuerzo a la tensión	5	20	18	40	33	54	70	60	78

Ajuste una línea recta a estos datos y utilice la ecuación para determinar el esfuerzo a la tensión en un tiempo de 32 min. Repita el análisis para una línea recta con intersección en el origen.

21. Los siguientes datos corresponden a valores de k y T para la reacción CH_4+O→CH_3+OH.

T (K)	595	623	761	849	989	1076	1146	1202	1382	1445	1562
k × 10^{20} (m^3/s)	2.12	3.12	14.4	30.6	80.3	131	186	240	489	604	868

Utilice el método de mínimos cuadrados para obtener una función de la forma:

$$\ln k = C + b \ln T - \frac{D}{T}$$

Considere que $f_1(T)=1$, $f_2(T)=ln(T)$ *y* $f_3(T)=-1/T$ para obtener los valores de b, C y D

22. A continuación, se presentan datos de la vasija de un reactor de crecimiento bacterial (una vez que terminó la fase de retraso). Se permite que las bacterias crezcan tan rápido como sea posible durante las primeras 2.5 horas, y después se les induce a producir una proteína recombinante, la cual disminuye el crecimiento bacterial en forma significativa. El crecimiento teórico de las bacterias se describe por medio de:

$$\frac{dX}{dt} = \mu X$$

donde X es el número de bacterias, y m es la tasa de crecimiento específico de las bacterias durante el crecimiento exponencial. Con base en los datos, estime la tasa de crecimiento específico de las bacterias durante las primeras 2 horas de crecimiento, así como durante las siguientes 4 horas de crecimiento.

Tiempo, h	0	1	2	3	4	5	6
[Células], g/L	0.100	0.332	1.102	1.644	2.453	3.660	5.460

23. La entalpía de un gas real es función de la presión como se describe a continuación. Los datos se tomaron para un fluido real. Estime la entalpía del fluido a 400 K y 50 atm (evalúe la integral de 0.1 atm a 50 atm).

$$H \int_0^P \left(V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \right) dP$$

P, atm	***V*, L**		
	***T* = 350 K**	***T* = 400 K**	***T* = 450 K**
0.1	220	250	282.5
5	4.1	4.7	5.23
10	2.2	2.5	2.7
20	1.35	1.49	1.55
25	1.1	1.2	1.24
30	0.90	0.99	1.03
40	0.68	0.75	0.78
45	0.61	0.675	0.7
50	0.54	0.6	0.62

24. La primera ley de la difusión de Fick establece que

$$\text{Flujo de masa} = -D\frac{dc}{dx}$$

donde el flujo de masa = cantidad de masa que pasa a través de una unidad de área por unidad de tiempo ($g/cm^2/s$), D = coeficiente de difusión (cm^2/s), c = concentración y x = distancia (cm). Se mide la concentración, que se presenta a continuación, de un contaminante en los sedimentos en el fondo de un lago (x = 0 en la interfase sedimento-agua y aumenta hacia abajo):

x, cm	0	1	3
c, 10^{-6} g/cm^3	0.06	0.32	0.6

Utilice la mejor técnica numérica de diferenciación disponible para estimar la derivada en x = 0. Emplee esta estimación junto con la ecuación de la ley de Fick para calcular el flujo de masa del contaminante que se desprende de los sedimentos hacia las aguas superiores ($D = 1.52 \times 10^{-6}$ cm^2/s). Para un lago con 3.6×10^6 m^2 de sedimentos, ¿cuánto contaminante será transportado hacia el lago durante un año?

25. Teniendo en cuenta que la presión de vapor para el n-butano a 350 K es 9.4573 bar, encuentre los valores molares de vapor saturado y líquido saturado de n-butano en estas condiciones utilizando la ecuación de Redlich-Kwong:

$$q = \frac{\Psi}{\Omega} T_r^{-3/2}$$

$$\beta = \Omega \frac{P_r}{T_r}$$

Para vapor saturado:

$$Z = 1 + \beta - q\beta \frac{(Z - \beta)}{Z(Z + \beta)}$$

Para líquido saturado:

$$Z = \beta + \frac{Z(Z + \beta)(1 + \beta - Z)}{q\beta}$$

26. Utilice el método de Euler para calcular el perfil de concentración para una reacción de segundo orden que se lleva a cabo en un reactor batch. La concentración inicial c_0 = 3 mol/litro y la constante k tiene un valor de 2 L/mol s. La ecuación diferencial que describe este proceso es:

$$\frac{dc}{dt} = -kc^2$$

27. A partir de los análisis de los ejemplos 4.4-1 y 4.4-2 del texto de Fenómenos de Transporte de Bird (2ª Edición), compare el espesor de capa límite (δ) para la solución aproximada de la ecuación de Von Karman y la teoría de Blasius. Utilice el método Runge-Kutta para resolver la ecuación:

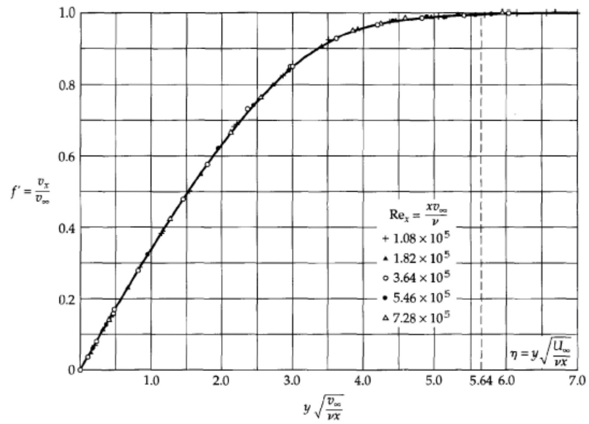
$$-ff'' = f'''$$

Sujeta a las condiciones de frontera:

En $\eta = 0$, $f = 0$ y $f' = 0$

En $\eta \rightarrow \infty$, $f' \rightarrow \infty$

Compare su resultado con la curva obtenida por Blasius.



28. Benceno (1), tolueno (2), estireno (3) y xileno (4) se separan en la serie de columnas que se muestran en la figura. Determine la tasa de flujo molar en las corrientes D1, B1, D2 y B2. Determine también las composiciones en B y D así como las tasas de flujo molar de dichas corrientes.