



**REACTORES QUIMICOS**  
**Trimestre abril-julio de 2009 - Ejercicios para el tercer parcial**

**PROBLEMA 1:** La reacción en fase gas  $A + B \xrightarrow{k_A} 2C$  se lleva a cabo en un reactor FPI que opera en estado estacionario. La reacción es de primer orden respecto a los dos reactantes. El reactor construido de acero inoxidable con una rugosidad de 0,0018 in, tiene un diámetro interno de 3 cm y una longitud de 10 m. La alimentación contiene 60% molar de A y 40% molar de B.

Suponiendo gas ideal y estado estacionario, determine la conversión de A y la temperatura y presión que se alcanzan a la salida del reactor si se supone que éste opera:

- a T y P constantes.
- a T constante y P variable.
- adiabáticamente y P variable.
- a P variable pero considerando intercambio de calor a lo largo del reactor con un fluido de proceso a 410 K, constante. El coeficiente global de transferencia de calor es  $125 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  (1 punto).
- Para incrementar la conversión el jefe de planta decide construir un equipo similar al de este problema pero de mayor longitud. Si se decide operar este nuevo equipo adiabáticamente ¿cuál es la máxima conversión que podría lograrse si se mantienen las mismas condiciones de entrada al reactor?. ¿A qué longitud se logra la máxima conversión?.

Datos adicionales:

$$C_{pA} = 0,85 \text{ J/g.K} \quad C_{pB} = 0,95 \text{ J/g.K} \quad C_{pC} = 1,0 \text{ J/g.K}$$

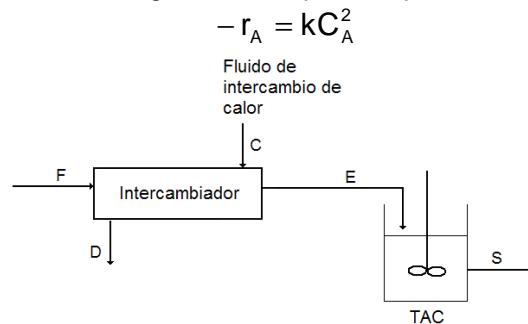
$$v_0 = 5,5 \text{ L/s} \quad T_0 = 410 \text{ K} \quad P_0 = 0,800 \text{ MPa}$$

$$\mu = 0,022 \text{ cP (puede suponerse constante a lo largo del proceso)}$$

$$M_A = 28 \text{ g/mol} \quad M_B = 32 \text{ g/mol} \quad M_C = 30 \text{ g/mol}$$

$$k_A = 10^6 \exp\left(\frac{-4.900}{T}\right) \text{ L/mol.s} \quad \Delta H_R^0 \text{ a } 298 \text{ K} = -11,0 \text{ kJ/mol de A}$$

**PROBLEMA 2:** En la figura se representa el diagrama de un proceso para la síntesis en fase gaseosa de un producto B, según la reacción:  $2A \xrightarrow{k} B$



El reactor empleado es un TAC que opera de forma adiabática y se ha comprobado experimentalmente que la reacción alcanza una conversión de 0,9 si la corriente de salida (S) se encuentra a una temperatura de 290 K. Dado que la reacción es endotérmica, para alcanzar dicha temperatura en el producto, es necesario precalentar la corriente de alimentación (F) originalmente a 20 °C en un intercambiador de calor de tubo y coraza. Como fluido calefactor se utiliza una corriente que entra a  $T_C$  y sale a  $T_D$ . La corriente de entrada al intercambiador está constituida por una mezcla del componente A (0,5 mol/s) y un inerte (3 mol/s). El flujo volumétrico total de la corriente E es 0,07 L/s.

En estado estacionario determine:

- El volumen del reactor y la temperatura de la corriente de entrada (E).
- Si se desea cambiar el TAC por un FPI, manteniendo la misma temperatura de entrada, qué volumen de equipo se requiere para lograr una conversión de 0,90?, ¿cuál será ahora la temperatura de salida de los productos?.
- ¿A qué atribuye usted que sean tan diferentes los volúmenes de ambos reactores?

$$\Delta H_R^0 (298 \text{ K}) = 40000 \text{ J/mol de A}$$

$$k (373 \text{ K}) = 5 \text{ L/(mol.s)} \quad E = 100 \text{ kJ/mol} \quad C_{pA} = 25 \text{ J/mol K} \quad C_{pB} = 35 \text{ J/mol K} \quad C_{pI} = 15 \text{ J/mol K}$$

**PROBLEMA 3:** Se efectúa la reacción en fase líquida  $A + B \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} C$  adiabáticamente en un reactor por lotes de volumen constante. La ley de velocidad  $-r_A = k_1 C_A^{1/2} C_B^{1/2} - k_2 C_C$

Grafique la conversión y las concentraciones de las especies que reaccionan en función del tiempo.

Información adicional:

Temperatura de entrada = 100 °C

$K_1$  (373 K) =  $2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

$E_1 = 100 \text{ kJ/mol}$

$K_2$  (373 K) =  $3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

$E_2 = 150 \text{ kJ/mol}$

$C_{A0} = 0,1 \text{ mol/L}$

$C_{pA} = 25 \text{ J/mol.K}$

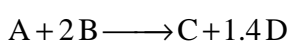
$C_{pB} = 25 \text{ J/mol.K}$

$C_{pC} = 40 \text{ J/mol.K}$

$C_{B0} = 0,125 \text{ mol/L}$

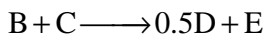
$\Delta H_R^0$  (298 K) =  $-40.000 \text{ J/mol A}$

**PROBLEMA 4:** Para las siguientes reacciones irreversibles halle los perfiles de conversión, flujos y temperatura para un reactor tipo FPI de 5000 L para las configuraciones isotérmico, adiabático y programado. Además calcule la producción de C y la selectividad global en cada caso.



$$-r_{A,1} = k_{11} \cdot C_A^2 \cdot C_B^{1.5}$$

$$-r_{C,2} = k_{12} \cdot C_B^{0.7} \cdot C_C^1$$



Se conoce:  $A_1 = 9.4 \cdot 10^6$ ,  $A_2 = 6 \cdot 10^7$ , las energías de activación son:  $E_1 = 12000 \text{ cal/mol}$ ,  $E_2 = 19000 \text{ cal/mol}$ . Al reactor se alimentan 3000 lbmol/h de A, 6000 lbmol/h de B y 7200 lbmol/h de inertes, la temperatura de entrada al reactor es 500 K. Adicionalmente se conoce para el balance de energía:  $\Delta H_{R1}^0$  (25 °C) =  $-8000 \text{ cal/mol}$ ,  $\Delta H_{R2}^0$  (25 °C) =  $-16000 \text{ cal/mol}$ . Las capacidades calóricas para cada compuesto son:  $C_{pA} = 12$ ,  $C_{pB} = 12$ ,  $C_{pC} = 13$ ,  $C_{pD} = 14$ ,  $C_{pE} = 15$  y  $C_{pI} = 15$  en  $\text{cal/mol.K}$ .

Los volúmenes molares de cada compuesto son:  $v_{MA} = 0,4 \text{ L/mol}$ ,  $v_{MB} = 0,8 \text{ L/mol}$ ,  $v_{MC} = 0,6 \text{ L/mol}$ ,  $v_{MD} = 0,5 \text{ L/mol}$ ,  $v_{ME} = 0,7 \text{ L/mol}$ ,  $v_{MI} = 0,9 \text{ L/mol}$

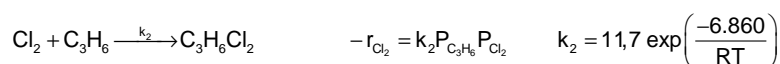
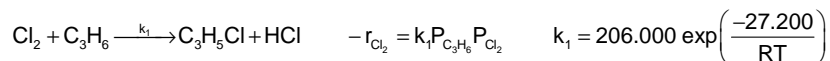
Para el FPI programado se conoce:

$U = 48 \text{ cal/dm}^2 \cdot \text{h.K}$

$T_a = 350 \text{ K}$

Relación de aspecto del reactor (L/D) = 6

**PROBLEMA 5:**  $C_3H_6Cl_2$  se produce en un TAC de  $0,83 \text{ ft}^3$  de acuerdo a la siguiente cinética:



Donde:  $k$  tiene las unidades  $\text{lbmol}/(\text{h.ft}^3 \cdot \text{atm}^2)$  si  $T$  se introduce en °R y  $R$  en  $\text{BTU}/\text{lbmol} \cdot \text{°R}$ .

El flujo total de entrada es  $0,85 \text{ lbmol/h}$  a  $2 \text{ atm}$  y  $392 \text{ °F}$ , en una proporción 4:1 de propileno a cloro.

Suponiendo gas ideal, estado estacionario y que el reactor opera a presión constante, determine los flujos de cada especie y la temperatura a la salida del reactor, si éste opera adiabáticamente.

Datos adicionales:

Especie	$H_f^0$ a 537 °R (BTU/lbmol)	$C_p$ promedio (BTU/lbmol. °R)
$Cl_2$	0,00	8,9
$C_3H_6$	8.784	30,6
$C_3H_5Cl$	-270	32,9
HCl	-39.708	7,3
$C_3H_6Cl_2$	-71.280	42,0