

11 de Febrero de 2010

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
CALCULO DE REACTORES  
SEMESTRE A-10  
PROF. ALBERTO QUINTERO

NOMBRE: \_\_\_\_\_

CEDULA DE IDENTIDAD: \_\_\_\_\_

### PRIMER PARCIAL

1.- El tiempo de vida media ( $t_{1/2}$ ) de un reactivo es el tiempo requerido para que su concentración disminuya a la mitad del valor inicial. La velocidad de hidratación del oxido de etileno (A) a etilenglicol ( $C_2H_4O + H_2O \rightarrow C_2H_6O_2$ ) en una solución acuosa diluida es proporcional a la concentración de A, con una constante de proporcionalidad de  $4,11 \times 10^{-5} s^{-1}$  a  $20^\circ C$  para una cierta concentración constante de catalizador  $HClO_4$ . Determine el tiempo medio ( $t_{1/2}$ ) o su equivalente espacio-tiempo ( $\tau_{1/2}$ ) en segundos, de el oxido (A) a  $20^\circ C$ , si la reacción es llevada a cabo en:

- Un reactor discontinuo. 1pto
- En un reactor agitado permanente operando en estado estacionario. 1pto
- Asuma ahora que la cinética es de segundo orden con respecto a el reactivo A, calcule de nuevo la parte a) y b) asumiendo una concentración inicial de A de  $3 \text{ mol/l}$  y una velocidad de reacción específica de  $4,11 \times 10^{-5} \text{ lt}/(\text{mol} \cdot \text{s})$ . 2pto
- Explique de manera breve la diferencia presente en las dos cantidades de tiempo obtenidas en la parte a) y b). 1pto

2.- Un reactor experimental el cual funciona como un RAP operando adiabáticamente, fue utilizado para medir la velocidad de oxidación del  $SO_2$ , a  $SO_3$  con un catalizador de Oxido de Vanadio  $V_2O_5$ . El catalizador está presente como un lecho fijo (200g) de partículas solidas dentro del reactor, con una densidad de bulto (masa de catalizador/volumen de lecho) de  $500 \text{ g/lt}$  y una relación de volumen vacio/volumen de lecho de 0,4. Un motor dentro del reactor sirve para mezclar de manera perfectamente homogénea el gas. Basado en esta información y los datos dados al final para una corrida en estado estacionario, calcule lo siguiente:

- La fracción de  $SO_2$  convertida en la corriente de salida. 2pto
- La velocidad de reacción,  $-r_{SO_2}$ , mol de  $SO_2$ /(g catalizador\*s), a que temperatura se aplica? 1pto

c) El espacio-tiempo  $\tau$ , para el gas en el lecho catalítico, si la temperatura de alimentación es 548 K. 2pto

Flujo molar de alimentación total 1,2 mol/min

Composición de la alimentación 25% SO<sub>2</sub>, 25% O<sub>2</sub> y 50%N<sub>2</sub> todos en mol

Temperatura dentro del reactor 800K

Presión dentro y fuera del reactor 1,013bar

Concentración de SO<sub>3</sub> a la salida 10,5% en mol

3.- La reacción  $A+B \rightarrow C$ , cuya cinética es  $(-r_A)=kC_A C_B^2$ , se lleva a cabo en fase gaseosa a 100°C. El reactor se alimenta a una tasa de 6lt/min y un flujo molar de A de 2 mol/min; B se introduce a razón de 2 moles de B/mol de A ( $k_{500C} = 7,41 \times 10^{-2}$  lt/(min\*mol));  $E_a = 15$ Kcal/mol).

- Obtenga  $(-r_A)=kf(x)$  y calcule la constante de proporcionalidad. 2pto ✓
- Calcule el volumen del RAP para una conversión del 75%. 2pto ✓
- Con base en el resultado anterior calcule la conversión que se puede obtener en un RFP de igual volumen. Compare y discuta los resultados. 2pto ✓
- Cual sería el volumen del RAP en serie con el RAP obtenido en la parte b) que haría falta para obtener la conversión del RFP de la parte c). 2pto ?
- Suponga que dispone de los tres reactores calculados en la parte b) a d). Proponga un esquema de producción que haga la conversión lo más alta posible con los reactores disponibles, prefiriéndose arreglos de dos reactores por economía. Razone y justifique con cálculos. 2 pto ✓

$$(-r_A) = \frac{\text{mol}^2}{\text{mol}^2 \cdot \text{min}} \cdot \frac{\text{mol}}{\text{lt}} \cdot \frac{\text{mol}^2}{\text{lt}^2}$$

$$(-r_A) = \frac{\text{mol}}{\text{min} \cdot \text{lt}}$$

$$V = \frac{\frac{\text{mol}}{\text{min}}}{\frac{\text{mol}}{\text{min} \cdot \text{lt}}}$$

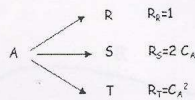
16 de Abril de 2010

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
CALCULO DE REACTORES  
SEMESTRE A-10  
PROF. ALBERTO QUINTERO

NOMBRE: \_\_\_\_\_  
CEDULA DE \_\_\_\_\_  
IDENTIDAD: \_\_\_\_\_

### SEGUNDO PARCIAL

1.- Se tiene la siguiente reacción:



Calcular la máxima concentración de S que se puede obtener, cuando la reacción se lleva a cabo en un reactor RAP en condiciones isotérmicas. La concentración inicial del reactivo A es de 2 mol/dm<sup>3</sup>. 3ptos

2.- Se tiene la reacción A+B→C que ocurre en fase gas. No se conoce la expresión para la velocidad de reacción, para la cual se lleva a cabo la reacción anterior en un reactor discontinuo operando en condiciones isotérmicas (112°C). Se cargan al reactor A y B con una composición molar de 25% de A; la presión al inicio es de 15 atm. Se registra la concentración de A en función del tiempo (véase la tabla). Se sospecha que la reacción es no elemental y que la reacción es virtualmente de orden cero con respecto al reactivo B. A partir de los datos experimentales, obtenga el orden de la reacción y la constante cinética. ¿Es cierta la apreciación de que la reacción es no elemental y de orden cero con respecto a B? 3ptos

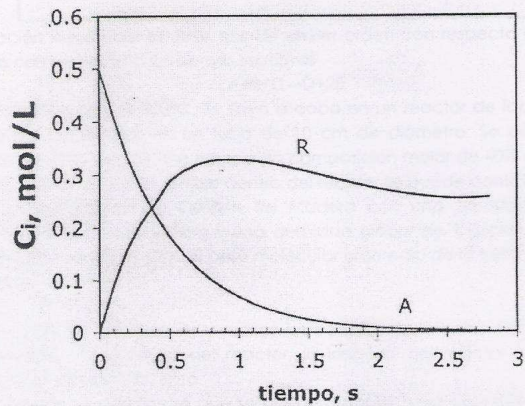
t(min)	C <sub>A</sub> (mol/lit)
0,6	0,105
1,2	0,092
2	0,075
2,9	0,059

DE LOS SIGUIENTES PROBLEMAS (3 Y 4) DEBE ELEGIR SOLAMENTE UNO, EXPRESAR EN LA HOJA CUAL ELIGIO Y RESOLVERLO LOS DOS PROBLEMAS VALEN EL MISMO PUNTAJE "3 PUNTOS"

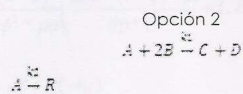
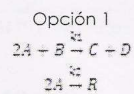
3.- En la siguiente figura se encuentra representada la variación de concentración en función del tiempo de las especies A y R en un reactor RFP, isotérmico y con efectos de caída de presión despreciables. Se sabe que A reacciona para dar R, el producto deseado, y R reacciona para dar S, producto no deseado. Se sabe también que una de estas reacciones es irreversible y elemental, y que la otra es reversible y elemental. La constante cinética para la reacción irreversible es 2s<sup>-1</sup> mientras que las constantes

cinéticas para la reacción reversible son  $0,5 \text{ s}^{-1}$  (izquierda a derecha) y  $3 \text{ s}^{-1}$  (derecha a izquierda).

- Grafique sobre la figura la variación de la concentración de S a lo largo del tiempo. 0,5pto
- Examine la figura resultante y determine cuál de las reacciones es la reacción irreversible ( $A \rightarrow R$  o  $R \rightarrow S$ ). 0,5pto
- ¿Cuál es el tiempo de operación óptimo y la conversión de A para este proceso? 1pto
- ¿Cuál sería el tiempo espacial necesario en un RAP para las condiciones óptimas? 1pto



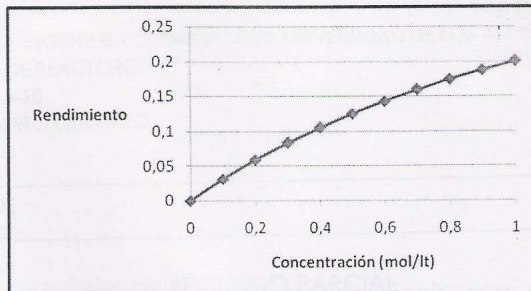
4.- Suponga un proceso en el cual el rendimiento en función de la concentración es como se muestra en la siguiente figura, la cual puede corresponder a las reacciones:



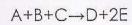
Donde C es el producto deseado.

- Determine a cuál de las dos opciones pertenece esta curva.
- ¿De cuál componente o componentes depende el rendimiento de C?
- Proponga el tipo de reactor adecuado, o la combinación de reactores, para obtener el mayor rendimiento del producto deseado.

En su análisis suponga que todas las reacciones son elementales. Los valores de las constantes para la opción 1 son  $k_1 = 2 \text{ lt}^2/(\text{mol}^2 \cdot \text{seg})$  y  $k_2 = 3 \text{ lt}/(\text{mol} \cdot \text{seg})$ . Los valores de las constantes para la opción 2 son  $k_1 = 2 \text{ lt}^2/(\text{mol}^2 \cdot \text{seg})$  y  $k_2 = 3 \text{ seg}^{-1}$ .



5.- La reacción irreversible en fase gas de primer orden con respecto al reactivo A, y orden cero con respecto a los demás reactivos



$k_w = 0,5 \text{ lt}/(\text{seg} \cdot \text{Kg cat}) @ 200^\circ\text{C}$ . Se lleva a cabo en un reactor de lecho empacado con 11 kg de catalizador en un tubo de 10 cm de diámetro. Se alimenta un flujo volumétrico de 10 lt/seg de una mezcla en composición molar de 40% de A, 30% de B, 20% de C y 10% de un inerte. El flujo dentro del reactor se puede considerar turbulento. Se utiliza un catalizador de Cenizas de Madera con una porosidad de 0.85, un diámetro de partícula de 0.25cm y una densidad global de 1 g/cm<sup>3</sup>. La presión del fluido de entrada es de 10 atm. El peso molecular promedio de la corriente de entrada es 20 g/gmol.

- Desarrolle las ecuaciones y realice los cálculos pertinentes para determinar la conversión a la salida del reactor, la longitud del reactor y la presión del efuyente del reactor. 6pto
- Mencione un parámetro que se pueda cambiar para optimizar el desempeño del reactor, defina un nuevo valor para este parámetro y realice los cálculos que demuestren su propuesta. 5pto

FORMULARIO

$$\alpha = \frac{\beta}{\rho_{cat} \cdot A_t \cdot (1-\phi) \cdot P_o} \quad \beta = \frac{G^2(1-\phi)}{d_p \cdot \phi^3 \cdot \rho_o} \left( \frac{150 \cdot (1-\phi) \cdot \mu}{d_p \cdot G} + 1.75 \right)$$

$$\frac{dY}{dW} = -\frac{\alpha}{Y} \cdot (1 + \epsilon X) \quad \frac{dx}{dW} = \frac{(-r_c)}{F_{C_o}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{(r_c)}{(r_A)_{total}} = \frac{\text{Producto deseado}}{\text{Reactivo consumido}} \quad \tau = \frac{C_{A_o} \cdot x}{(-r_A)_{salida}}$$

$$\text{Selectividad} = \frac{(r_c)}{(r_D)} = \frac{\text{Producto deseado}}{\text{Producto no deseado}}$$

14 de Mayo de 2010

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
CALCULO DE REACTORES  
SEMESTRE A-10  
PROF. ALBERTO QUINTERO

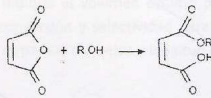
17pto

NOMBRE: Enka Moraes

CEDULA DE IDENTIDAD: 17.311.887

TERCER PARCIAL

1.- Los ésteres de ácido maleico, debido a sus dos grupos reactivos (doble enlace y grupo carboxílico), son productos intermedios de interés comercial. Estos pueden ser producidos mediante la reacción del anhídrido maleico con un alcohol.



O bien,



Se trata, como ejemplo, la producción de maleato de hexilo. La disolución del anhídrido se efectúa de 323K a 328K. La reacción transcurre de acuerdo a una cinética elemental. Los datos de la reacción son:

$(-\Delta H_R) = 33500 \text{ J/Kmol} = 33,5 \text{ kJ/Kmol}$

$C_{A0} = 4,55 \text{ Kmol/m}^3$

$C_{B0} = 5,34 \text{ Kmol/m}^3$

$E_a = 105000 \text{ KJ/Kmol}$

$A = 4,92 \times 10^{15} \text{ m}^3/(\text{Kmol} \cdot \text{h})$

$C_{pA} = 80,322 \text{ KJ}/(\text{Kmol} \cdot \text{K})$  *803,22 J/mol.K*

$C_{pB} = 98,870 \text{ KJ}/(\text{Kmol} \cdot \text{K})$  *988,70 J/mol.K*

$P_{M_{\text{anhídrido maleico}}} = 98 \text{ g/gmol}$

Nota: Asuma que el cambio de  $\Delta H_R$  con respecto a la temperatura es despreciable ( $\Delta C_p = 0$ ).

Para una operación adiabática en un reactor agitado permanente, determinar los perfiles de conversión y temperatura en función del parámetro  $\tau$  (tiempo espacial). 5ptos

2.- La reacción del problema anterior debe realizarse hasta alcanzar una conversión elevada. Para evitar reacciones competitivas, la temperatura del reactor no debe sobrepasar los 100°C; por lo tanto una operación adiabática no es posible. La reacción se llevara a cabo en un reactor de tanque agitado con un sistema de refrigeración interno, para el análisis se consideran los siguientes datos adicionales:

$V = 5 \text{ m}^3$

$A = 20 \text{ m}^2$

$U = 0,5 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$T_0 = 323 \text{ K}$   
 $100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$

Determine los perfiles de conversión y temperatura para una temperatura del fluido refrigerante de 330K y 390K. 7ptos

*entradas*

*Todas las es en una sola sustituir*

5.- La reacción elemental en fase gas  $A+2B \rightarrow C$  se lleva a cabo en un reactor de lecho empacado. Calcular la conversión de salida si el reactor contiene 800Kg de catalizador. La alimentación es estequiométrica. La concentración de A en la alimentación es de  $0,04 \text{ mol/dm}^3$ , el flujo volumétrico de la alimentación es de  $20 \text{ dm}^3/\text{seg}$ . La constante específica de velocidad es  $3 \text{ dm}^6/(\text{mol}^2 \cdot \text{seg})$ . El parámetro  $\alpha$  de la caída de presión tiene un valor de  $0,001 \text{ Kg}^{-1}$ . Realice perfiles de conversión y caída de presión en función de la masa de catalizador. 4ptos.

FORMULARIO

$$\alpha = \frac{\beta}{\rho_{cat} * \Delta t * (1-\phi) * P_0} \quad \beta = \frac{G^2(1-\phi)}{dp * \phi^3 * \rho_0} \left( \frac{150 * (1-\phi) * \mu}{dp * G} + 1.75 \right)$$

$$\frac{dY}{dW} = -\frac{\alpha}{Y} * (1 + \varepsilon Y)$$

$$\frac{dx}{dW} = \frac{(-r_c)}{F_{c_0}}$$

$$Y = \frac{P}{P_0}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{(r_c)}{(r_A)_{total}} = \frac{\text{Producto deseado}}{\text{Reactivo consumido}}$$

$$\tau = \frac{C_{A_0} * x}{(-r_A)_{salida}}$$

$$\varepsilon = Y_{A0} \delta$$

$$\text{Selectividad} = \frac{(r_c)}{(r_D)} = \frac{\text{Producto deseado}}{\text{Producto no deseado}}$$