

**REACTORES QUÍMICOS - PROBLEMAS RFP 23-35**

**23.-** Se han obtenido los datos de la tabla para la descomposición del reactivo A en fase gaseosa en un reactor discontinuo de volumen constante a 100°C partiendo de A puro. La estequiometría de la reacción es  $2A \rightarrow R + S$ . Calcular el tamaño del reactor de flujo pistón, operando a 100°C y 1 atm, capaz de tratar 100 moles de A/h de un alimento que contiene 20% de inertes para obtener una conversión del 95% de A.

<b>t (s)</b>	0	20	40	60	80	100	140	200	260	330	420
<b>P<sub>A</sub> (atm)</b>	1.00	0.80	0.68	0.56	0.45	0.37	0.25	0.14	0.08	0.04	0.02

**24.-** La reacción en fase gaseosa homogénea  $A \rightarrow 2B$  se efectúa en condiciones isotermas de 100°C a la presión constante de 1 atm en un reactor discontinuo experimental, obteniéndose los datos que se muestran en la tabla cuando se parte de A puro. Calcular el tamaño del reactor de flujo pistón operando a 100°C y 10 atm (ambos valores constantes durante toda la reacción) para obtener una conversión del 90% de A con un caudal de alimentación de 10 mol totales/s conteniendo 40% de inertes.

<b>t (min)</b>	0	2	4	6	8	10	12	14
<b>V/V<sub>0</sub></b>	1.00	1.35	1.58	1.72	1.82	1.88	1.92	1.95

**25.-** Se desea diseñar un reactor tubular para tratar 1000 m<sup>3</sup>/h de una mezcla gaseosa formada por un 80% de acetileno y 20% de inertes, medido a 550°C y 20 atm. El reactor tubular va a consistir en una asociación de tubos en serie. Cada tubo tiene una longitud de 3.5 m y un diámetro interno de 20 cm. La temperatura de reacción va a ser de 550°C y en estas condiciones el acetileno se polimeriza como



Si se desprecia la caída de presión a través de los tubos, calcular el número de tubos necesarios para obtener una conversión del 60% del acetileno alimentado a complejo tetramero. La presión a la entrada del primer tubo es de 20 atm.

**26.-** La reacción en fase gas  $4A + B \rightarrow R + S$  se lleva a cabo en un reactor de flujo pistón. La velocidad de formación de R se correlaciona empíricamente por la ecuación

$$r_R = \frac{1 + C_A C_B}{1 + 0.5 C_B / C_A} \quad (r_R \text{ en mol}/(\text{L} \cdot \text{h}), C_A \text{ y } C_B \text{ en mol/L})$$

Al reactor de flujo pistón se alimenta A con un caudal de 200 kmol/h; el alimento es 50% de A y 50% de B. La reacción se produce a 3 atm y 150°C.

- a) Calcular el tiempo espacial requerido para conseguir una conversión del 80% del reactivo limitante.
- b) ¿Cuánto R (en kmol/h) se producirá utilizando un reactor de flujo pistón de 50000 litros de volumen, para el alimento y condiciones especificados?

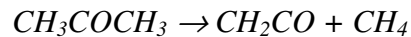
**27.-** En un reactor de flujo pistón adiabático se lleva a cabo en fase gas a una presión absoluta de 2 atm la reacción  $A + B \rightarrow R + S$ . La cinética de la reacción viene dada por  $-r_A = k p_A p_B$ , donde  $k_{(100^\circ\text{C})} = 0.05$  y  $k_{(500^\circ\text{C})} = 50$  (en  $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{h}\cdot\text{atm}^2)$ ). La entalpía de reacción puede considerarse constante en el intervalo de temperaturas de trabajo con un valor de  $\Delta H = 41.8$   $\text{kJ}/\text{mol}_A$ . Al reactor se introducen 5 kg/h de una mezcla equimolar de A y B a  $250^\circ\text{C}$  y se desea alcanzar una conversión del 35%. Calcular el volumen de reactor necesario.

Datos:

$$C_p \text{ mezcla reactante} = 1.5 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) \quad (\text{se puede considerar constante})$$

$$PM \text{ mezcla reactante} = 40 \text{ g/mol}$$

**28.-** Uno de los pasos clave en el diseño del equipo para la obtención de anhídrido acético es el craqueo de acetona de acuerdo con la reacción:



Esta reacción transcurre en fase gaseosa y sigue una cinética de primer orden con respecto a la acetona. La constante cinética viene dada por la expresión:

$$\ln k = 34.34 - (34222/T) \quad (T \text{ en K, } k \text{ en s}^{-1})$$

Se desea alimentar a un reactor de flujo pistón 8000 kg/h de acetona. Si el reactor es adiabático, el alimento es acetona pura, la temperatura de entrada es de 1035 K y la presión 1.6 atm (esta última se mantiene constante a lo largo del reactor), ¿qué volumen de reactor se requerirá para alcanzar una conversión del 20%?

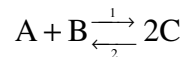
Datos:

$$C_p \text{ acetona} = 164 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K}), C_p \text{ ceteno} = 96 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K}), C_p \text{ metano} = 60 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

$$\Delta H_{(298\text{K})} = 80.8 \text{ kJ}/\text{mol}_{\text{acetona}}$$

**29.-** En un reactor de flujo pistón adiabático de  $1.5 \text{ m}^3$  de volumen, se lleva a cabo la reacción elemental  $A + B \rightarrow C$  en fase gas a una presión constante de 2 atm. La constante cinética viene dada por la expresión  $k = 9750 \exp(-4000/T)$  (T en K, k en  $\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$ ). La entalpía de reacción a 298 K es de 50  $\text{kJ}/\text{mol}_B$ . Al reactor se introducen 16 mol/s de A, 16 mol/s de B y 8 mol/s de inertes. La temperatura de entrada es de  $700^\circ\text{C}$ . Los valores de las capacidades caloríficas son:  $C_{pA} = C_{pB} = 75 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ,  $C_{pC} = 150 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  y  $C_{p \text{ inertes}} = 10 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ . Calcular el grado de conversión que se obtiene trabajando en las condiciones indicadas.

**30.-** (examen dic'06) En un RFP adiabático trabajando a presión constante tiene lugar la siguiente reacción reversible y elemental:



La corriente de alimentación al reactor consiste en una mezcla en fase gas a 77°C y 580.5 kPa de A y B en proporciones estequiométricas y con un flujo molar de A de 20 mol/s.

- Determinar el grado de conversión de equilibrio en condiciones adiabáticas para el RFP
- Determinar qué volumen de RFP sería necesario para alcanzar un grado de conversión igual al 85% del valor anterior

Datos:

Componentes	$C_{pj}$ (J/(mol·K))	$h_j^*$ (25°C) (J/mol)
A	25	-40000
B	15	-30000
C	20	-45000

Nota:  $C_{pj}$  independientes de la temperatura

Cinética reacción directa			Cinética reacción inversa		
$k_{0d}$	$1.45 \times 10^7$	$\text{m}^3/(\text{mol} \cdot \text{s})$	$k_{0i}$	$1.85 \times 10^6$	$\text{m}^3/(\text{mol} \cdot \text{s})$
$E_{ad}$	70000	J/mol	$E_{ai}$	90000	J/mol

**31.-** La reacción en fase gas  $2A \rightarrow B$ , con  $r_B = \exp(14 - 7000/T) \cdot C_A^2$  ( $T$  en K,  $r_B$  en mol/(L·min)) se lleva a cabo en un RFP de 1000 L a una presión determinada. El alimento, cuyo caudal volumétrico es de 100 L/min (medidos a 25°C y a la misma presión), contiene un 90% de A y un 10% de inertes, y la concentración de A (medida en las mismas condiciones que el caudal) es  $C_{A0} = 20$  mol/L. Otros datos son:

$$\Delta H^*_{(293\text{ K})} = 3.5 \text{ kcal/mol}_B$$

$$C_{pA} = 0.02 \text{ kcal}/(\text{mol}_A \cdot \text{K}), C_{pB} = 0.03 \text{ kcal}/(\text{mol}_B \cdot \text{K}), C_{p \text{ inertes}} = 0.01 \text{ kcal}/(\text{mol}_I \cdot \text{K})$$

- Hallar la temperatura a la que trabajaría el reactor en condiciones isotermas necesaria para obtener una conversión final del 90%
- Hallar la temperatura a la que debería entrar la mezcla reaccionante a fin de alcanzar una conversión final del 90% trabajando adiabáticamente

**32.-** El gas procedente de la oxidación de amoniaco se enfría rápidamente hasta la temperatura ambiente a fin de eliminar la mayor parte del vapor de agua que contiene. Una vez fría, la mezcla contiene 9% de NO, 1% de NO<sub>2</sub>, 8% de O<sub>2</sub> (en moles), así como vapor de agua y N<sub>2</sub>. El gas enfriado se supone saturado de vapor de agua. Antes de usar esta mezcla como alimento para producir ácido nítrico en las torres de absorción conviene oxidar la mezcla a fin

de que la relación  $\text{NO}_2/\text{NO}$  sea 5:1. Esta oxidación se efectúa en un RFP adiabático, introduciendo el alimento a 293 K. ¿Qué volumen de reactor hará falta si se introduce un caudal de  $10700 \text{ m}^3/\text{h}$  (medidos a 293 K y 1 atm) y la presión de trabajo es de 1 bar abs.?

Datos:

La cinética de la reacción  $\text{NO} + 0.5\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$  es:

$$r = 119844 \exp(-629.11/T) C_{\text{NO}}^2 C_{\text{O}_2} \quad (r \text{ en kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{s}) \text{ y } C \text{ en kmol}/\text{m}^3)$$

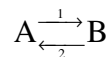
$$P_{\text{V H}_2\text{O}} (20^\circ\text{C}) = 17.5 \text{ mm Hg}$$

$$\Delta H (20^\circ\text{C}) = -56.6 \text{ kJ/mol NO}_2$$

Capacidades caloríficas medias para el intervalo de temperaturas de trabajo:

Compuesto	O <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
C <sub>p</sub> (J/(mol·K))	29.4	29.9	37.9	29.1	37.6

**33.-** La temperatura en un RFP debe permanecer entre 550 K y 750 K, teniendo lugar en él la reacción reversible en fase líquida:



La composición del alimento es  $0.9 \text{ kmol}/\text{m}^3$  de A y  $0.1 \text{ kmol}/\text{m}^3$  de B, mientras que el producto tiene  $0.5 \text{ kmol}/\text{m}^3$  tanto de A como de B. Si la velocidad de circulación del fluido es de  $0.004 \text{ m}/\text{min}$ , ¿Cuál es la longitud mínima de reactor tubular que se requiere y cuál es el perfil de temperaturas correspondiente en dicho reactor?

Datos:

$$r_1 = \exp(19 - 12000/T) C_A$$

$$r_2 = \exp(37 - 24000/T) C_B$$

( $r_1$  y  $r_2$  en  $\text{mol}/(\text{m}^3 \cdot \text{min})$ , con  $C_A$  y  $C_B$  expresados en  $\text{kmol}/\text{m}^3$ )

**34.-** Se va a utilizar un RFP para producir  $1000 \text{ mol R}/\text{h}$  a partir de una solución acuosa del componente A ( $C_{\text{AO}} = 1 \text{ mol}/\text{L}$ ). La reacción es  $\text{A} \rightarrow \text{R}$ , con  $-r_A = 2 C_A$  ( $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{h})$ ), a T constante. El coste de la corriente de reactante es de  $0.4 \text{ €/mol A}$  y el coste del reactor, completo, es de  $0.2 \text{ €/}(\text{L} \cdot \text{h})$ . Si el reactivo A no utilizado se descarga, hallar las condiciones óptimas de operación ( $V$ ,  $\xi_A$ ,  $n_{\text{AO}}$ ) para que el coste de R sea mínimo. ¿Cuál es el coste mínimo de R en esas condiciones?

**35.-** Se desean producir  $100 \text{ moles de R}/\text{h}$  mediante la reacción  $\text{A} \rightarrow \text{R}$ . La alimentación es una disolución saturada con una concentración de A de  $0.1 \text{ mol}/\text{L}$ . Se utiliza un reactor de flujo pistón, cuyo coste de funcionamiento es de  $0.060 \text{ €/}(\text{L} \cdot \text{h})$ . El coste de reactante es de  $0.45 \text{ €/mol}$ . Si la cinética de reacción es de segundo orden, con  $k = 2 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{h})$ , a T constante, y el reactivo A no utilizado se descarga, calcular:

- Volumen de reactor para que el coste total sea mínimo
- Grado de conversión del proceso
- Coste de producción de R