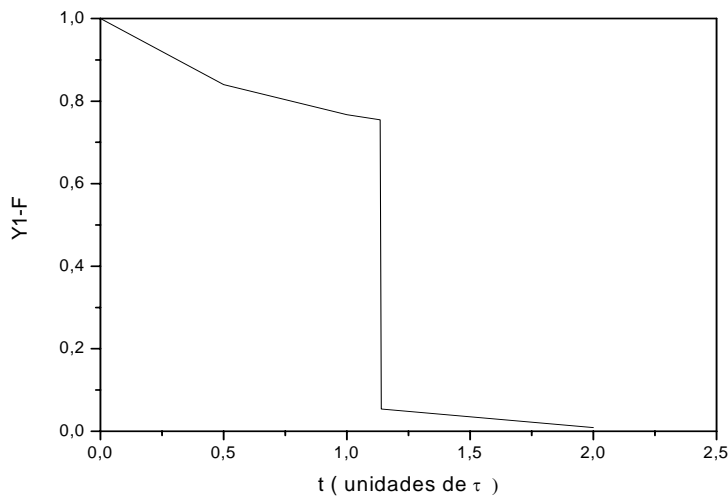


Ejercicio 1

De acuerdo con los datos de curva 1-F presentados indíquese, justificando la respuesta, si es posible aceptar un modelo combinado de reactores formado por un reactor de flujo pistón y un reactor de mezcla total en paralelo. El reactor de mezcla total supone el 20 por ciento del volumen total y el caudal que pasa a su través supone el 30 por ciento del volumen total.

τ	0	0.5	1	1.135	1.14	2
1-F	1	0.84	0.767	0.755	0.054	0.009



De acuerdo con los datos de la figura se puede suponer un reactor de mezcla total y un reactor de flujo pistón en paralelo, puesto que la señal de éste interrumpe la señal del reactor de mezcla total.

El tiempo de residencia en cada reactor de acuerdo a los datos sería

$$\text{Mezcla Total } \frac{0,2V}{0,3Q} = 0,666\tau$$

$$\text{Flujo Piston } \frac{0,8V}{0,7Q} = 1,14\tau$$

Por tanto coincide el tiempo de residencia del reactor de flujo pistón con el escalón en la curva

La curva para el reactor de mezcla total sería

$$1 - F = 1 - Q_M \left[1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau_M}\right) \right] = 1 - 0,3 \left(1 - \exp\frac{-t}{0,666\tau} \right)$$

$$1 - F = 1 - 0,3 \left[1 - \exp\left(\frac{-0,5\tau}{0,666\tau}\right) \right] = 1 - 0,3 \left[1 - \exp\frac{0,5}{0,666} \right] = 0,841$$

$$1 - F = 1 - 0,3 \left[1 - \exp\left(\frac{-1\tau}{0,666\tau}\right) \right] = 1 - 0,3 \left[1 - \exp\frac{1}{0,666} \right] = 0,767$$

Una vez recibido el caudal de flujo pistón

$$1 - F = 1 - Q_p - Q_M \left[1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau_M}\right) \right] = 1 - 0,7 - 0,3 \left(1 - \exp\frac{-t}{0,666\tau} \right)$$

$$1 - F = 1 - Q_p - Q_M \left[1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau_M}\right) \right] = 1 - 0,7 - 0,3 \left(1 - \exp\frac{-1,14\tau}{0,666\tau} \right) = 0,054$$

Ejercicio 2 De cierto reactor continuo de mezcla total se ha obtenido la correspondiente curva F normalizada, comparada dicha curva con la de un reactor ideal de mezcla total en condiciones semejantes se observa alguna diferencia (tabla adjunta). Indíquese un modelo adecuado a dicha curva F, y estímesese la conversión obtenida en dicho reactor en un proceso de primer orden, sabiendo que realizado en el correspondiente reactor ideal se obtendría el 80 por ciento.

tiempo	F real	F ideal	F calculada
0.2	0.200	0	0.200
0.5	0.318	0.181	0.3183
1	0.464	0.393	0.4637
2	0.641	0.632	0.6405
3	0.759	0.776	0.7590
4	0.838	0.865	0.8385
10	0.927	0.950	0.9274
12	0.967	0.982	0.9674

Teniendo en cuenta que presenta señal a tiempo cero, se puede aceptar la presencia de un caudal en cortocircuito.

Expresión

$$F = 1 - \frac{Q_b}{Q} \left[\exp\left(\frac{-t}{\tau_b}\right) \right] =$$

para $t=0$

$$F = 1 - \frac{Q_b}{Q} \left[\exp\left(\frac{-0}{\tau_b}\right) \right] = 1 - \frac{Q_b}{Q} = 0,200 \quad \Rightarrow \quad \frac{Q_b}{Q} = 0,8$$

En la expresión teórica el valor para $t = \tau \Phi = 0,632$, lo que corresponde a $t = 1$

$$\tau_b = \frac{V}{Q_b} \frac{Q}{Q} = \frac{\tau}{Q_b/Q} = \frac{1}{0,8} = 1,25$$

Sustituyendo en la expresión

$$F = 1 - \frac{Q_b}{Q} \left[\exp\left(\frac{-t}{\tau_b}\right) \right] = 1 - 0,8 \left[\exp\left(\frac{-t}{1,25}\right) \right]$$

sustituyendo los diferentes valores de t, se obtienen valores para F que coinciden con los obtenidos por experimentación

En el reactor ideal se obtendría:

$$(\tau) = \frac{X}{k(1-X)} = 1 = \frac{0,8}{K(0,2)} \Rightarrow K = 4 \text{ tiempo}^{-1}$$

En el caso real 0,2 del caudal total no reacciona y el resto reacciona con un tiempo de residencia de 1,25

$$(\tau) = \frac{X}{k(1-X)} = 1,25 = \frac{X}{4(1-X)} \Rightarrow X_R = 0,8333$$

En la mezcla de salida

$$0,2(0) + 0,8(0,833) = X_F \quad \Rightarrow \quad X \text{ final } 0,666$$

Si se trabaja con un macrofluido la expresión de la concentración de salida:

$$C_A/C_{A0} = \Delta t (\sum(\exp(-kt)(\text{curvaE}))$$

Y se necesitan valores, tanto cinéticos como de la curva E, a intervalos regulares de tiempo, $\Delta\tau = \text{cte}$, por ello, se han realizado los cálculos de las columnas 5,6y7.

El sumatorio se realiza sobre el valor medio en el intervalo

$$\begin{aligned} (\sum(\exp(-kt)(\text{curvaE})) &= \sum\phi = \\ &= ((\phi_0 + \phi_1)/2) + ((\phi_1 + \phi_2)/2) + \dots + ((\phi_{n-2} + \phi_{n-1})/2) + ((\phi_{n-1} + \phi_n)/2) = \\ &= (\phi_0/2) + \phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_{n-2} + \phi_{n-1} + \phi_n/2 = \end{aligned}$$

Ultima columna a la derecha

El valor de $C_A/C_{A0} = \Delta t (\sum(\exp(-kt)(\text{curvaE})) = 0,04(21,4678) = 0,859$

Ejercicio 5

Se dispone de datos de la curva E para un reactor, a la vista de ellos proponga un modelo de reactor múltiple que satisfaga los datos e indique así mismo el tiempo medio de residencia en las condiciones de empleo del trazador:

De acuerdo a los datos se calcula el tiempo medio de residencia

t	E	Et
0	0	0,0000
0,4	0,147	0,0588
0,8	0,324	0,2592
1,2	0,402	0,4824
1,6	0,393	0,6288
2	0,336	0,6720
2,4	0,267	0,6408
2,8	0,198	0,5544
3,2	0,141	0,4512
3,6	0,099	0,3564
4	0,066	0,2640
4,4	0,0447	0,1967
4,8	0,0291	0,1397
5,2	0,0186	0,0967
5,6	0,012	0,0672
	2,4774	4,8683
	suma = 2,4774	suma =4,868
	$2,4774 \cdot 0,4 = 0,991$	$((4,868)/(0,99)) \cdot 0,4 = 2 = t$

Se comprueba el valor próximo a la unidad de la integral de la curva E
 Hay que tener en cuenta que no se ha llegado a respuesta cero. A partir de los datos se halla el tiempo medio de residencia resulta ser 2 unidades de tiempo .

Aceptando que se trata de una serie de reactores de mezcla total se prueba para dos valores de tiempo , 0,8 y 2 el correspondiente al tiempo medio de residencia, la correspondiente curva E de acuerdo a la expresión general

$$E = \frac{N^N}{(N-1)!} \frac{1}{\tau} \left(\frac{t}{\tau}\right)^{N-1} \exp\left[-\frac{tN}{\tau}\right]$$

En la tabla se recogen los cálculos parciales y el correspondiente valor de la curva E como puede apreciarse la solución corresponde a N = 3

N	$(N)^N/(N-1)$	$(1/2)((0,8/2)^{(N-1)})$	$(1/2)((2/2)^{(N-1)})$	$\exp(-0,8N/2)$	$\exp(2N/2)$	E t = 2	E t = 0,8
1							
2	4,0	0,20000	0,5	0,4493	0,1353	0,271	0,359
3	13,5	0,08000	0,5	0,3012	0,0498	0,336	0,325
4	42,7	0,03200	0,5	0,2019	0,0183	0,391	0,276
5	130,2	0,01280	0,5	0,1353	0,0067	0,439	0,226
6	388,8	0,00512	0,5	0,0907	0,0025	0,482	0,181
7	1143,8	0,00205	0,5	0,0608	0,0009	0,522	0,142
8	3328,8	0,00082	0,5	0,0408	0,0003	0,558	0,111
9	9608,6	0,00033	0,5	0,0273	0,0001	0,593	0,086
10	27557,3	0,00013	0,5	0,0183	0,0000	0,626	0,066

Ejercicio 6

Se ha realizado un estudio sobre el comportamiento de un reactor de mezcla total cuya relación volumen / caudal de reactivos es 5 s. Del estudio se han obtenido las curvas E y (1-F). Indique razonadamente las desviaciones de la idealidad de dicho reactor.

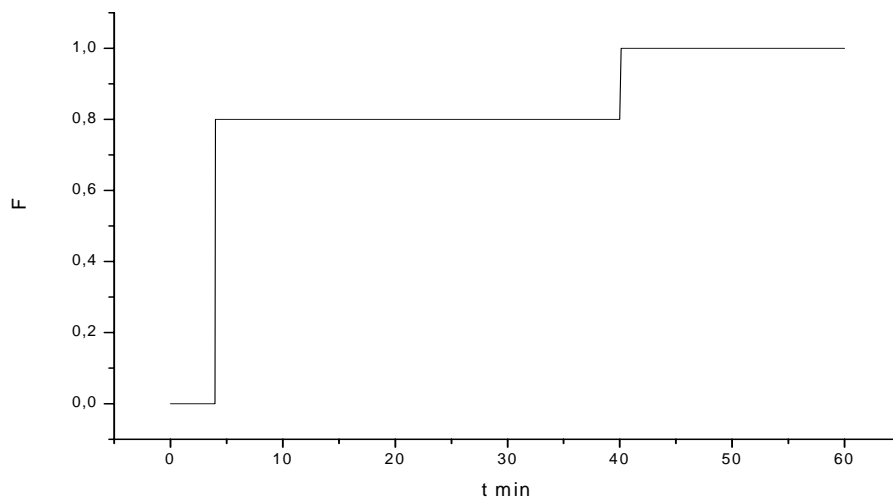
De acuerdo al tiempo medio de residencia (5) se calcula la curva E teórica, y como puede comprobarse no coincide con la experimental. De acuerdo con el dato a tiempo cero el tiempo medio de residencia podría ser 4,5, calculada la curva E experimental con este tiempo se obtiene una curva coincidente

t	E	1-F	$(1/5)EXP(-t/5)$	$(1/4,5)EXP(-t/4,5)$
0	0,222	1	0,2000	0,2220
0,2	0,212	0,956	0,1922	0,2123
1	0,178	0,801	0,1637	0,1778
2	0,142	0,639	0,1341	0,1423
3	0,114	0,513	0,1098	0,1140
4	0,091	0,409	0,0899	0,0913
5	0,073	0,329	0,0736	0,0731
8	0,038	0,169	0,0404	0,0375
10	0,024	0,108	0,0271	0,0241
20	0,0026	0,0117	0,0037	0,0026

Ejercicio 7

De acuerdo a la curva F señalada indique un modelo de flujo para el reactor donde se ha realizado el estudio

Indíquese la conversión de salida en un proceso de primer orden (k 0,2 min⁻¹) realizado en él en las mismas condiciones en que se estudió el flujo.



De acuerdo con el aspecto de la gráfica, podría corresponder al conjunto de dos reactores de flujo pistón en paralelo. Uno de ellos recibe 0,8 de caudal y tiene un tiempo de residencia de 4 minutos, El otro reactor, recibe el 0,2 de caudal y tiene un tiempo de residencia de 40 minutos.

La ecuación de diseño de cada reactor

$$\frac{V}{Q} = t = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{1}{1-x} \right)$$

En el primer caso

$$\frac{V}{Q} = t = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{1}{1-x} \right) ; 4(0,2) = \ln \frac{1}{1-x} \Rightarrow X = 0,5504$$

En el segundo caso

$$\frac{V}{Q} = t = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{1}{1-x} \right) ; 40(0,2) = \ln \frac{1}{1-x} \Rightarrow X = 0,9997$$

La conversión resultante tiene en cuenta los caudales y sus respectivas conversiones

$$X_{final} = 0,2(0,5504) + 0,8(0,9997) = 0,6402$$

Ejercicio 8

Un reactor puede considerarse formado por el conjunto de 6 reactores de mezcla total en serie que operan a la misma temperatura y tiempo de residencia. En dicho reactor se produce la reacción $A+B \rightarrow 2C$, de primer orden en el reactivo A y de orden cero en el reactivo B. Los reactivos se introducen como una mezcla equimolecular de A y B. A la temperatura de trabajo $k = 5 \text{ h}^{-1}$ y el tiempo de residencia total (V/Q) total es de 1 hora. En estas condiciones indíquese :

- Aceptando que el fluido tiene comportamiento de microfluido. La conversión obtenida
- Aceptando que el fluido tiene comportamiento de macrofluido. La conversión obtenida

Microfluido
$$\frac{C_{AS}}{C_{A0}} = \frac{1}{(1 + k\tau/N)^N} = \frac{1}{(1 + 5(1/6))^6} = 0,02634$$
 conversión 0,9737

Al ser primer orden el proceso la conversión será igual en micro o macrofluido. Como comprobación se ha calculado

$$\frac{C_{AS}}{C_{A0}} = \sum_0^n E(t) \exp(-kt) \Delta t$$

Se usa E(t) la expresión para el conjunto de 6 reactores de mezcla total. Δ tiempo 0,2

r	tiempo	curva E	exp(-kt)	E*(exp(-kt))
	0	0,0000E+00	1,0000E+00	0,0000E+00
	0,2	3,7473E-02	3,6788E-01	1,3786E-02
	0,4	3,6118E-01	1,3534E-01	4,8880E-02
	0,6	8,2608E-01	4,9787E-02	4,1128E-02
	0,8	1,0485E+00	1,8316E-02	1,9204E-02
	1	9,6374E-01	6,7379E-03	6,4936E-03
	1,2	7,2229E-01	2,4788E-03	1,7904E-03
	1,4	4,7021E-01	9,1188E-04	4,2878E-04
	1,6	2,7612E-01	3,3546E-04	9,2628E-05
	1,8	1,4987E-01	1,2341E-04	1,8495E-05
	2	7,6444E-02	4,5400E-05	3,4705E-06
	2,2	3,7081E-02	1,6702E-05	6,1932E-07
	2,4	1,7256E-02	6,1442E-06	1,0602E-07
	2,6	7,7553E-03	2,2603E-06	1,7530E-08
	2,8	3,3835E-03	8,3153E-07	2,8135E-09
	3	1,4389E-03	3,0590E-07	4,4016E-10
	3,2	5,9844E-04	1,1254E-07	6,7346E-11
	3,4	2,4407E-04	4,1399E-08	1,0104E-11
	3,6	9,7831E-05	1,5230E-08	1,4900E-12
	3,8	3,8613E-05	5,6028E-09	2,1634E-13
	4	1,5030E-05	2,0612E-09	3,0979E-14
			sumatorio	1,3183E-01 2,6365E-02

La conversión coincide