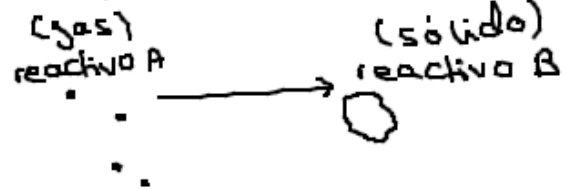


## 8.2. Transporte de materia externo (gas - sólido)

Difusión



transporte externo es la etapa más lenta?

constante cinética transporte externo  $\rightarrow k_g$

Comparar

$k_g$  con  $k_r \rightarrow$  reacción

$\downarrow$

transporte externo más rápido | lento | que la reacción química  
global (transporte + reacción)

$$-r_{AS}a = \overbrace{k_g a (C_{AG} - C_{AS})}^{\text{cinética reacción}} = -r_{AV} = \overbrace{k_R C_{AS}}^{\text{cinética reacción}}$$

[8.48]

$$-r_{AS}a = -r_{AV} = \frac{C_{AG}}{\frac{1}{k_g a} + \frac{1}{k_R}} = KC_{AG}; \quad \frac{1}{K} = \frac{1}{k_g a} + \frac{1}{k_R}$$

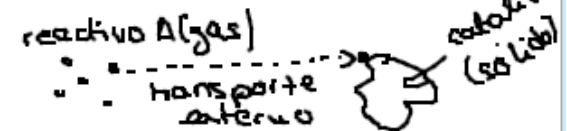
transporte externo  $\rightarrow$  reacción

### 8.2.3. Correlaciones para hallar $k_g$

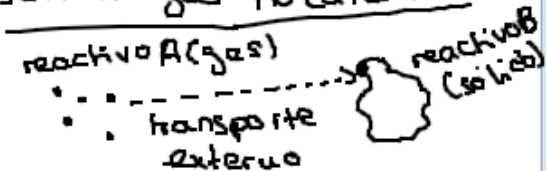
[8.52]

[8.53]

#### sólido-gas catalítico



#### sólido-gas no catalítico



Calcular  $Re_p \rightarrow$  decidir correlación a emplear  $\rightarrow k_g \rightarrow$  comparar con  $k_r$   
 $\rightarrow$  hallar cinética  
 ...

### 8.2.4. Relacionado problemas "tabla"

Para ver si controla el transporte externo

mantener resto de condiciones constante y variar velocidad del gas ( $U$ ).  
 a diferentes  $U$ , diferentes conversiones  $\rightarrow$  influye t. ext

mantener constante

$$\frac{G}{H} \left( \frac{W}{F} \right)^{\text{tabla}}$$

rel. masa catalizador/caudal reactivos  
 $\frac{W}{F}, \frac{2W}{2F}, \frac{3W}{3F}$  si la conversión varía, influye el transporte ext.

## Ejercicio 2

095r / 08j1 / 06j2

Un proceso gaseoso catalizado por un sólido ( $A + B \rightarrow 2C + D$ ) responde a una cinética de primer orden en A, cuya constante es  $k_r$  es  $0,1 \text{ s}^{-1}$ . ¿Puede asegurar, teniendo en cuenta los datos, que en el proceso no influye la difusión gas sólido (difusión externa)?.

Datos:

$$\rho = 2 \text{ kg m}^{-3} \quad \mu = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1} \text{ kg}^{-1} \quad dp = 0.005 \text{ m}$$

$$D = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \quad U = 1 \text{ m s}^{-1} \quad \varepsilon = 0.3$$

Correlación de  $k_g$  para Reynolds bajos.

$$\frac{k_g dp}{D} = 2 + \frac{0.81 \left[ \frac{U dp \rho}{\mu} \right]^{1/2} \left[ \frac{\mu}{\rho D} \right]^{1/3}}$$

↑  
adimensional

$k_g$  comparar con  $k_r$

$$\frac{k_g \cdot 0.005 \text{ m}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}} = 2 + \frac{0.81}{(0.3)^{1/2}} \left[ \frac{1 \text{ m s}^{-1} \cdot 0.005 \text{ m} \cdot 2 \text{ kg m}^{-3}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1} \text{ kg}^{-1}} \right]^{1/2} \left[ \frac{2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}}{2 \text{ kg m}^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}} \right]^{1/3}$$

$$k_g \cdot 250 = \frac{2 + 0.81}{(0.3)^{1/2}} \cdot 22.36 \cdot 0.794$$

$$\frac{[k_g] \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \text{ s}^{-1}} = \text{adimensional}$$

$$[k_g] = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$k_g = 0.113 \text{ m s}^{-1} \text{ comparar con } k_r = 0.1 \text{ s}^{-1}$$

Si tuviésemos  $a = \dots \text{ m}^2/\text{m}^3$

$$k_g \cdot a = \text{ } \text{s}^{-1} \rightarrow \text{comparar con } k_r$$

Como  $k_g \approx k_r$  (del mismo orden) no podemos decir que el transporte sea mucho más rápido que la reacción y, por tanto, puede influir en la cinética del proceso.

# Ejercicio 4

Estímese la velocidad de reacción ( $\text{mol g cat}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) en un proceso gaseoso ( $A+B \rightarrow C+D$ )-catalizado por un sólido cuando sus parámetros característicos son:

$k_r = 2 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1}$ , proceso simple de primer orden en A a área por unidad de peso  $3 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ .

$$C_{A0} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol cm}^{-3} = C_B$$

$$\rho = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$$

$$G \text{ caudal másico por unidad de área } 0,4 \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

El proceso es isotermo

$$\text{Tómese } r_A = \frac{C_{A0}}{k_r + k_s C_{T,a}}$$

Indíquese si hay una etapa controlante.

$$3 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 497,9 = 0,6 \cdot (1000)^{-0,43}$$

$$k_g = 0,0206 \text{ cm s}^{-1} \quad (*)$$

$$\text{Tomamos } E = 0,3$$

$$u = 100 \text{ cm s}^{-1}$$

$$[St] = \frac{E k_g}{u} = \frac{0,3 \text{ kg}}{100 \text{ cm s}^{-1}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$[Sc]^{2/3} = \left( \frac{\mu}{\rho D} \right)^{2/3} = \left[ \frac{4 \cdot 10^{-4} \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}}{1,2 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}} \right]^{2/3} = 497,9$$

0656 / 0150

(\*)

$$r_A = \frac{2 \cdot 10^{-4} \text{ mol cm}^{-3}}{\frac{1}{2 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1}} + \frac{1}{0,0206 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1}}}$$

$$r_A = 3,7 \cdot 10^{-10} \text{ mol g cat}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$u_g$  ?

hallar  $u_g \rightarrow$  correlaciones

$$Re_p = \frac{G d_p}{\mu} = \frac{0,4 \cdot 1 \text{ cm}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}} = 1000$$

$$k_r = 2 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$k_g \cdot a = 0,0206 \cdot 3 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1} = 0,0618 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$k_g \cdot a \gg k_r \leftarrow \begin{array}{l} \text{etapa reacción} \\ \text{mucho más} \\ \text{lenta.} \\ \text{controlante} \end{array}$$

$$50 < Re < 2000$$

# EJERCICIO 1

1534

En el estudio de un proceso gas sólido catalítico  $[A+B \Rightarrow C+D]$  se han realizado una serie de ensayos previos al estudio cinético. En ellos se ha mantenido la relación  $(W/F_{A0})$  constante así como la concentración de los reactivos. A la vista de los resultados, Tabla 1, indíquese si las etapas de transporte externo e interno influyen en la cinética de este proceso. Proponga también, los ensayos necesarios para completar el pre estudio cinético.

Tabla 1. Resumen de resultados.

	$D_p$ mm	$U$ (gas) $\text{cm s}^{-1}$	$C_{A0}$ $\text{kmol m}^{-3}$	$C_{AS}$ $\text{kmol m}^{-3}$	$C_{B0}$
1	1	10	0.05	0.045	0.05
2	0.1	10	0.05	0.045	0.05
3	0.1	10	0.05	0.045	0.08
4	1	40	0.05	0.042	0.05
5	0.1	40	0.05	0.038	0.05
6	0.1	40	0.05	0.038	0.08

conversion

Podríamos completar el estudio con ensayos en los que manteniendo  $W/F_{A0}$  se cambiaran los  $W$  y  $F_{A0}$  empleados. Se esperaría obtener conversiones distintas lo que confirmaría que el transporte externo influye en la cinética.

Transporte externo:

mantener resto de variables y cambiar  $U$  (velocidad del gas)

Comparar 1/4 , 2/5 y 3/6

$10 \text{ cm s}^{-1}$   $40 \text{ cm s}^{-1}$

$$1/4 \quad C_{A51} = 0.045 \text{ kmol m}^{-3}$$

$$C_{A54} = 0.042 \text{ kmol m}^{-3}$$

$$2/5 \quad C_{A52} = 0.045 \text{ kmol m}^{-3} \quad C_{A55} = 0.038 \text{ kmol m}^{-3}$$

$$3/6 \quad C_{A53} = 0.045 \text{ kmol m}^{-3} \quad C_{A56} = 0.038 \text{ kmol m}^{-3}$$

Influye  $T_{ext}$  ya que a  $U$  mayor manteniendo el resto de variables, se obtienen conversiones mayores (las menor).