

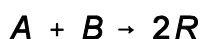
Reacciones Homogéneas

Capítulo 2

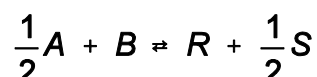
Problema nº 1)

Resuélvase las siguientes cuestiones:

a) Obtener el orden de la reacción cuya ecuación estequiométrica es:



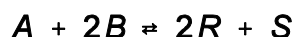
b) Una reacción cuya ecuación estequiométrica es:



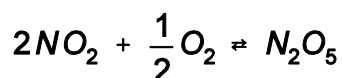
tiene la ecuación cinética:

$$-r_A = 2 C_A^{0,5} C_B$$

Deducir la ecuación cinética para esta reacción si la ecuación estequiométrica está escrita de la forma:



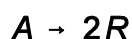
c) Dada la reacción:



Calcular la relación entre la velocidad de formación y desaparición de los tres componentes de la reacción.

Problema nº 2)

La reacción química en fase gaseosa:



se produce en un reactor que consiste en un recipiente relleno de partículas esféricas no porosas de un catalizador sólido. La superficie específica del catalizador es de $60 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de relleno, su densidad es de $3.000 \text{ kg}/\text{m}^3$ de relleno y la porosidad del lecho es de 0,40. La velocidad de desaparición de **A** viene dada por la expresión:

$$-r_A = \frac{1}{M} \frac{dN_A}{dt} = 1,4 C_A$$

donde **t** se mide en horas, **C_A** en mol/l de fluido, **N_A** en mol de **A** que desaparece por reacción química y **M** en kg de catalizador.

Teniendo en cuenta estos datos:

- Calcular las dimensiones del coeficiente cinético.
- Escribir la velocidad de reacción basada en la unidad de volumen del reactor.
- Escribir la velocidad de reacción basada en la unidad de volumen del

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

PROBLEMAS

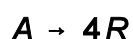
Pg. 2

fluido.

d) Escribir la velocidad de reacción basada en la unidad de superficie de catalizador.

Problema nº 3)

Obtener el factor de expansión para la reacción isotérmica a presión constante en fase gaseosa:



partiendo de una mezcla inicial conteniendo un 50 % de sustancias inertes.

Problema nº 4)

La reacción elemental:

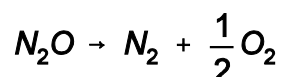


transcurre isotérmicamente en un reactor experimental a presión constante. Partiendo de una mezcla de 75 % de **A** y 25 % de inerte, se duplica el volumen en 8 minutos.

Determinar la conversión alcanzada en ese tiempo.

Problema nº 5)

Se ha encontrado que la descomposición del óxido nitroso en fase homogénea viene dada por la ecuación estequiométrica:



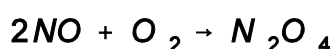
de ecuación cinética:

$$-r_{N_2O} = \frac{k_1 [N_2O]^2}{1 + k_2 [N_2O]}$$

Dedúzcase un mecanismo que explique esta cinética.

Problema nº 6)

Determinar la ecuación de velocidad para la oxidación del óxido nítrico:



y proponer un mecanismo consistente con ella, especificando el valor de las constantes.

Para dicha reacción, que se supone irreversible, se han obtenido los siguientes datos, midiendo la velocidad de desaparición de **NO** para distintas concentraciones de **O₂** y **NO**:

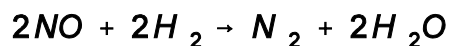
Serie	Exp.	[O ₂]	[NO]	- r _{NO}
I	1	1	1	10 ⁸

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

Serie	Exp.	[O ₂]	[NO]	- r _{NO}
	2	2	2	4·10 ⁸
	3	3	1	10 ⁸
	4	1	3	9·10 ⁸
II	5	0,0001	1	10 ⁶
	6	0,0002	2	8·10 ⁶
	7	0,0003	1	3·10 ⁶
	8	0,0001	3	9·10 ⁶
III	9	1	0,0001	1
	10	2	0,0002	4
	11	3	0,0001	1
	12	1	0,0003	9
IV	13	0,0001	0,0001	0,01
	14	0,0002	0,0002	0,08
	15	0,0003	0,0001	0,03
	16	0,0001	0,0003	0,09

Problema nº 7)

La ecuación estequiométrica para la reacción entre el óxido nítrico y el hidrógeno es:

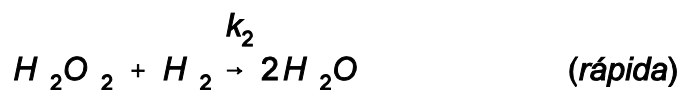
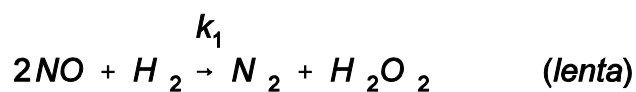


Se ha encontrado que la expresión de la velocidad viene dada por:

$$r_{N_2} = k [NO]^2 [H_2]$$

Se han propuesto los siguientes mecanismos para explicar la cinética:

Mecanismo 1:



CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

PROBLEMAS

Pg. 5

observa que los chirridos son continuados y la velocidad con que chirrían se hace muy regular. En 1897 Dolbear encontró que no sólo era regular sino que la velocidad venía determinada por la temperatura, de acuerdo con la expresión:

$$(\text{número de chirridos en 8 s}) + 4,5 = (\text{Temperatura, } ^\circ\text{C})$$

Suponiendo que la velocidad con que chirrían es una medida directa de la velocidad metabólica, calcúlese la energía de activación, en calorías, de estos grillos en el intervalo de temperatura comprendido entre 15 y 25 °C.

Problema nº 10)

La descomposición térmica del etano es de primer orden. Se han obtenido las siguientes constantes de velocidad a distintas temperaturas:

T (°C)	550	560	570	580	590	600	610	620	630
$k \cdot 10^5 \text{ (s}^{-1}\text{)}$	2,5	4,7	8,2	12,3	23,1	35,6	57,6	92,4	141,5

Obtener la energía de activación y el factor de frecuencia de la reacción.

Capítulo 3

Problema nº 11)

La reacción de Diels-Alder entre el ciclopentadieno (**A**) y la benzoquinona (**B**) sigue una ecuación cinética del tipo:

$$r = k C_A C_B$$

siendo, a 25 °C:

$$k = 9,92 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{kmol \cdot s}$$

Si se emplea un reactor discontinuo y se pueden ignorar los posibles cambios de volumen, determinar el tiempo necesario para alcanzar el 95% de conversión del reactivo limitante usando como concentraciones iniciales 0,1 kmol/m³ de ciclopentadieno y 0,08 kmol/m³ de benzoquinona.

Problema nº 12)

Se ha encontrado experimentalmente que en 10 minutos se convierte en producto el 75% de un líquido reactivo con un orden de reacción igual a 1/2. Calcúlese la cantidad convertida en media hora.

Problema nº 13)

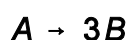
Un hombre metódico va todos los viernes por la noche a una casa de juego con su sueldo semanal de 3.000 ptas; juega durante 2 horas a un juego de azar; después marcha a su casa y le da a su familia el sueldo menos 750 ptas. Su modo de jugar se puede predecir: siempre apuesta cantidades proporcionales al dinero que tiene y, por tanto, sus pérdidas también son predecibles. La “velocidad de pérdida” de dinero es proporcional al dinero que tiene. Esta semana recibió un aumento de sueldo y jugó durante 3 horas, llegando a su casa con la misma cantidad con que llegaba antes del aumento. Calcúlese el valor de ese aumento.

Problema nº 14)

A un jugador le gusta acudir a las mesas de juego para descansar. No espera ganar y no gana, de modo que elige juegos en los cuáles las pérdidas sean una fracción pequeña del dinero apostado. Juega sin interrupción y sus apuestas son proporcionales al dinero que tiene. Si a la ruleta tarda 4 horas en perder la mitad de su dinero y necesita 2 horas para perder la mitad de su dinero jugando a los dados, ¿cuánto tiempo puede jugar simultáneamente a ambos juegos si empieza con 10.000 ptas. y se retira cuando le quedan 100 ptas., justamente lo necesario para comer unos bocadillos y pagar el transporte de vuelta a su casa?

Problema nº 15)

La reacción homogénea en fase gaseosa de primer orden irreversible:



tiene un coeficiente cinético:

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

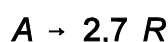
$$k = 0,5 \text{ min}^{-1}$$

Calcular la presión total en un reactor de volumen constante al cabo de 1, 2 y 4 minutos para las siguientes condiciones iniciales:

- Producto **A** puro a 10 atm. de presión.
- Mezcla de 10% de **A** y 90% de inerte, en moles, a una presión de 10 atm.

Problema nº 16)

En un reactor a volumen constante se lleva a cabo la descomposición homogénea en fase gaseosa:



Operando a temperatura constante y partiendo de una mezcla con 80% de **A** y 20% de inertes, se obtienen los siguientes datos:

Tiempo (min)	0	1
Presión total (atm)	1	1,5

Calcular la presión total al cabo de 1 minuto en los casos siguientes:

- Partiendo de **A** puro a una presión de 10 atm.
- Partiendo de una mezcla de **A** con inerte, en la que la presión parcial de **A** es de 1 atm. y la de inerte de 9 atm.

Considérese para ambos casos:

- Reacción de orden cero.
- Reacción de primer orden.

Problema nº 17)

En un reactor discontinuo se efectúa la reacción reversible de primer orden en fase líquida:



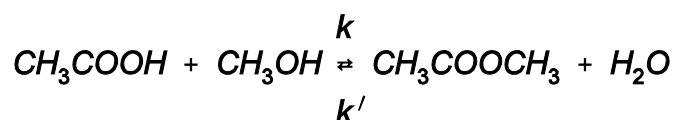
con:

$$C_{Ao} = 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$
$$C_{Ro} = 0$$

Calcúlese la ecuación cinética de esta reacción, si en 8 minutos se alcanza una conversión del 33,3% y la conversión de equilibrio es del 66,7%.

Problema nº 18)

La reacción de esterificación del ácido acético por metanol es una reacción de segundo orden reversible:



y está catalizada por la presencia de un ácido. Con CIH 1 M a 25 °C, los coeficientes cinéticos son los siguientes:

$$k = 6,77 \cdot 10^{-4} \frac{l}{mol \cdot min}$$

$$k' = 1,482 \cdot 10^{-4} \frac{l}{mol \cdot min}$$

Se carga un reactor agitado con 1.000 l de una disolución acuosa que contiene 200 kg de ácido acético y 500 kg de metanol, con una concentración de CIH de 1 mol/l. La reacción se desarrolla isotérmicamente a 25 °C y la densidad de la mezcla permanece constante e igual a 1,03 kg/l.

- Calcular la conversión de ácido acético a los 60 minutos de reacción.
- Calcular la conversión de equilibrio.

Problema nº 19)

Calcúlese el coeficiente cinético para la desaparición de **A** en la reacción de primer orden en fase gaseosa:



si el volumen de la mezcla reaccionante aumenta un 50% en 4 minutos cuando se parte de **A** puro. La presión total dentro del sistema permanece constante a 1,2 atm. y la temperatura es de 25 °C.

Problema nº 20)

La descomposición en fase gaseosa:



es aproximadamente de segundo orden con respecto a **A**. Cuando se introduce el componente **A** puro a 1 atm en un reactor discontinuo de volumen constante, la presión se eleva un 40% del valor inicial en 3 minutos.

Para un reactor discontinuo de presión constante, calcúlese:

- El tiempo necesario para lograr la misma conversión.
- El aumento de la fracción de volumen en ese tiempo.

Problema nº 21)

Supóngase que la reacción gaseosa entre **A** y **B** se estudia cinéticamente haciendo mediciones isotérmicas del período de vida media para varias composiciones iniciales de los reactivos. Los resultados para cada una de las cuatro diferentes condiciones iniciales son los siguientes:

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

PROBLEMAS

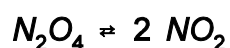
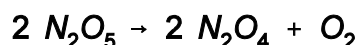
Pg. 9

Presión parcial inicial de A (mm Hg)	500	125	250	250
Presión parcial inicial de B (mm Hg)	10	15	10	20
Período de vida media para B (min)	80	213	160	80

Si la velocidad es de primer orden con respecto al componente **A** y de segundo orden con respecto a **B**, ¿cuál es el valor numérico de la velocidad despecífica de reacción?

Problema nº 22)

El mecanismo de reacción de la descomposición del pentóxido de nitrógeno es complejo. Sin embargo, se puede desarrollar una ecuación de velocidad satisfactoria considerando las siguientes dos reacciones:



La segunda reacción es rápida con respecto a la primera, de manera que puede suponerse que el dióxido de nitrógeno y el tetróxido están en equilibrio. Por lo tanto, únicamente la primera reacción debe considerarse desde el punto de vista cinético.

Calcúlese la velocidad específica de reacción para la primera reacción (que es esencialmente irreversible) usando los siguientes datos de presión total, obtenidos por Daniels y Johnston (1921) a 25 °C:

Tiempo (min)	Presión total (mm Hg)
0	268,7
20	293,0
40	302,2
60	311,0
80	318,9
100	325,9
120	332,3
140	338,8
160	344,4
∞	473,0

Puede suponerse que inicialmente sólo se encuentra presente el pentóxido de nitrógeno. La constante de equilibrio K_p para la disociación del tetróxido de

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

nitrógeno en dióxido de nitrógeno a 25 °C, es 97,5 mm Hg.

Problema nº 23)

Determinése la ecuación cinética completa en unidades de moles, litro y segundos, para la descomposición térmica del tetrahidrofurano:



a partir de los datos del período medio de la siguiente tabla:

Π_0 (mm Hg)	$t_{1/2}$ (min)	T (°C)
214	14,5	569
204	67	530
280	17,3	560
130	39	550
206	47	539

Problema nº 24)

La reacción entre el yoduro de metilo y la dimetil-p-toluidina forma, en disolución de nitrobenzono, una sal cuaternaria de amonio ionizada:



Esta reacción puede estudiarse cinéticamente mezclando las disoluciones iniciales e introduciéndolas en tubos de gases que luego se sellan y se colocan en un baño a temperatura constante. Empezando con una disolución inicial que contiene yoduro de metilo y dimetil-p-toluidina a una concentración de 0,05 mol/l, se obtuvieron los datos de la siguiente Tabla:

Tiempo (min)	Fracción de toluidina convertida
10,2	0,175
26,5	0,343
36,0	0,402
78,0	0,523

Considerando una reacción de segundo orden y suponiendo que la constante de equilibrio para esta reacción es 1,43, ¿qué ecuación de velocidad se ajusta mejor a los datos experimentales obtenidos?

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

Problema nº 25)

Se ha observado que la presencia de la sustancia **C** aumenta la velocidad de la reacción de **A** on **B**:

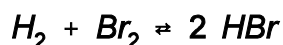


Se sospecha que **C** actúa como catalizador combinándose con uno de los reactivos para formar un producto intermedio que después reacciona. A partir de los datos de la tabla, sugiérase un mecanismo posible de reacción y la ecuación cinética para esta reacción.

[A]	[B]	[C]	r_{AB}
1	3	0,02	9
3	1	0,02	5
4	4	0,04	32
2	2	0,01	6
2	4	0,03	20
1	2	0,05	12

Problema nº 26)

Bodenstein y Linde (1906) estudiaron la reacción:



Basándose en el análisis cuidadoso de los datos experimentales encontraron que la ecuación cinética sugería una reacción no elemental. Utilizando los datos de velocidades iniciales mostrados en la Tabla, y suponiendo la reacción irreversible, obténgase el orden de reacción respecto a cada uno de los reactivos.

$[H_2]_0$	$[Br_2]_0$	$(-r_{H_2}) \cdot 10^3$
0,2250	0,2250	1,76
0,9000	0,9000	10,9
0,6750	0,6750	8,19
0,4500	0,4500	4,465
0,5637	0,2947	4,82
0,2881	0,1517	1,65
0,3103	0,5064	3,28
0,1552	0,2554	1,267

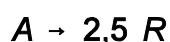
CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

Problema nº 27)

En un reactor discontinuo de volumen constante se han obtenido los datos siguientes empleando el componente gaseoso puro **A**:

Tiempo (min)	0	2	4	6	8	10	12	14	∞
Presión parcial de A (mm Hg)	760	600	475	390	320	275	240	215	150

La estequiometría de la descomposición es:

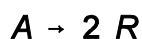


Dedúzcase la ecuación cinética que represente satisfactoriamente esta descomposición.

Problema nº 28)

Un pequeño reactor, equipado con un dispositivo sensible para la medida de presión, se evacúa y se carga después con una mezcla de 76,94% de reactivo A y de 23,06% de inertes a la presión de 1 atm. La operación se efectúa a 14 °C, temperatura suficientemente baja para que la reacción no transcurra en extensión apreciable.

La temperatura se eleva rápidamente a 100 °C, sumergiendo el reactor en agua hirviendo, obteniéndose los datos de la tabla. La ecuación estequiométrica es:



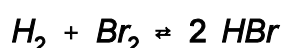
y después de un tiempo suficiente, la reacción se completa.

Dedúzcase una ecuación cinética que se ajuste a estos datos, expresando las unidades en mol, litro y minuto.

t (min)	π (atm)	t (min)	π (atm)
0,5	1,5	3,5	1,99
1	1,65	4	2,025
1,5	1,76	5	2,08
2	1,84	6	2,12
2,5	1,90	7	2,15
3	1,95	8	1,175

Problema nº 29)

Bodenstein y Linde (1906) estudiaron la reacción:



Basándose en el análisis cuidadoso de los datos experimentales encontraron

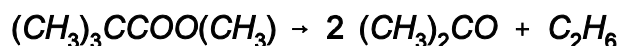
CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

que la ecuación cinética sugería una reacción no elemental. Utilizando los datos obtenidos para concentraciones iguales de reactivos mostrados en la Tabla, y suponiendo la reacción irreversible, obténgase el orden de reacción respecto a cada uno de los reactivos.

Tiempo (min)	[H ₂] = [Br ₂] (mol/l)
0	0,2250
20	0,1898
60	0,1323
90	0,1158
128	0,0967
180	0,0752
300	0,0478
420	0,0305

Problema nº 30)

Raley y cols. han obtenido los datos que se indican para la reacción:



usando un reactor de volumen constante y manteniendo la temperatura constante.

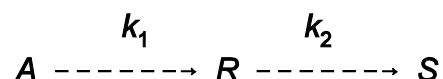
Determinar el orden de reacción y evaluar el coeficiente cinético para el orden correcto. Al reactor se carga el reactivo puro.

Tiempo (min)	Presión total (mm Hg)	Tiempo (min)	Presión total (mm Hg)
0	173,5	12	244,4
2	187,3	14	254,5
3	193,4	15	259,2
5	205,3	17	268,7
6	211,3	18	273,9
8	222,9	20	282,0
9	228,6	21	286,8
11	239,8	∞	491,8

Capítulo 4

Problema nº 31)

En condiciones adecuadas **A** se descompone del modo siguiente, con $C_{A0} = 1 \text{ mol/l}$, $C_{R0} = C_{S0} = 0$:



con $k_1 = 0,1 \text{ min}^{-1}$ y $k_2 = 0,1 \text{ min}^{-1}$.

Calcúlese el momento en que **R** alcanza la concentración máxima y el valor de esta concentración.

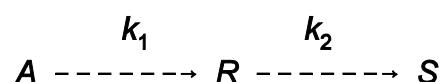
Problema nº 32)

Se han de cambiar de lugar 20.000 Tm de grava empleando una pala excavadora que descarga la grava en una tolva que alimenta a una cinta transportadora que lleva la grava hasta el nuevo lugar de ubicación. Al principio, la capacidad de la excavadora es grande, pero va disminuyendo a medida que disminuye el montón de grava, debido a que el recorrido total es mayor y, en consecuencia, el tiempo empleado por ciclo va aumentando. Puede considerarse que la capacidad de trabajo de la pala excavadora es proporcional a la cantidad de grava que ha de transportar, siendo su capacidad inicial de 10 Tm/min. La cinta transportadora tiene una capacidad de transporte uniforme de 5 Tm/min. Calcúlese:

- La cantidad máxima de grava que se almacena en la tolva.
- El instante en que se alcanza esa cantidad máxima.
- El instante en que la velocidad de entrada a la tolva es igual a la de salida.
- El instante en que se vacía la tolva.

Problema nº 33)

La sustancia **A** reacciona en fase líquida de acuerdo con el esquema:

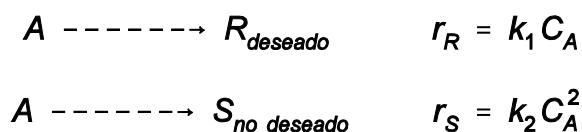


siendo ambas reacciones irreversibles de primer orden, con $k_1 = 0,05 \text{ min}^{-1}$ y $k_2 = 0,01 \text{ min}^{-1}$ en las condiciones de operación.

Se carga un reactor con una disolución de 1,5 mol/l de **A**, en ausencia de **R** y de **S**. Calcular el valor máximo de la concentración de **R** en el reactor y el tiempo al que se obtiene.

Problema nº 34)

El reactivo **A** se isomeriza o dimeriza en fase líquida del modo siguiente:



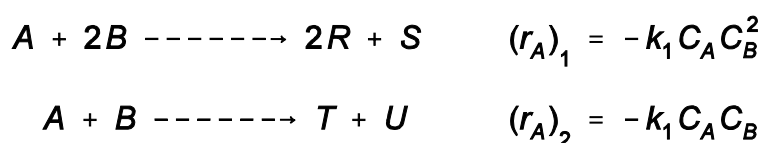
- Hállese $\phi(R/A)$ y $\phi(R/R+S)$.
- Con una carga de alimentación de concentración C_{A0} , determínese la

concentración máxima de **R** que puede formarse.

c) Una cantidad de **A** de concentración inicial $C_{A0} = 1 \text{ mol/l}$ se introduce en el reactor y reacciona de modo completo. Si $C_S = 0,18 \text{ mol/l}$ en la mezcla resultante, ¿qué indica esto sobre la cinética de la reacción?

Problema nº 35)

Los compuestos **A** y **B** reaccionan del modo siguiente:



Se introducen cantidades equimolares en un reactor discontinuo ($C_{A0} = C_{B0} = 1$) y se dejan reaccionar hasta la conversión completa. Cuando se ha consumido todo el componente **B**, $C_{Af} = 0,1$. A partir de estos datos, indíquese la información que puede deducirse sobre los coeficientes cinéticos.

Problema nº 36)

Iba a iniciarse la gran batalla naval que se conoce en la historia con el nombre de Batalla de Trafalgar (1805). El almirante Villeneuve revisó orgullosamente su poderosa flota de 33 navíos que navegaban alineados con una ligera brisa. La flota británica, al mando de lord Nelson, se encontraba a la vista con sus 27 navíos. Estimando que aún faltaban dos horas para que se iniciara la batalla, Villeneuve descorchó otra botella de Borgoña y revisó cuidadosamente cada uno de los puntos de su estrategia de la batalla. Como era costumbre en las batallas navales de aquel tiempo, las dos flotas navegaban alineadas paralelamente, en la misma dirección, disparando sus cañones a discreción. Por la larga experiencia en batallas de esta clase se sabía que la velocidad de destrucción de una flota era proporcional a la potencia de fuego de la flota opuesta. Considerando que cada uno de los barcos franceses tenía igual potencia que cada uno de los británicos, Villeneuve confiaba en la victoria e imaginaba el encabezamiento de los periódicos de la mañana siguiente: «La flota británica aniquilada, las pérdidas de Villeneuve son ...» Villeneuve se detuvo bruscamente, llamó a su repostero, Mr. Dubois y le preguntó cuántos barcos perdería. ¿Qué le respondió?

En este instante Nelson, que disfrutaba del aire de popa del «Victory», estaba impresionado por el hecho de que tenía todo preparado excepto un detalle: se había olvidado de proyectar su plan de combate. Llamó al comodoro Archibald Forsythe-Smythe, su hombre de confianza, para conferenciar. Estando familiarizado con la ley de la potencia de fuego, Nelson estaba orgulloso de luchar con la flota francesa (imaginaba también los titulares de los periódicos). En realidad no era una deshonra para Nelson el ser derrotado por fuerzas superiores, con tal de hacerlo lo mejor posible y procediendo lealmente; sin embargo, tenía la ligera esperanza de que podía jugarle a Villeneuve una mala pasada. Procedió a estudiar sus posibilidades.

Era posible «romper la línea», en otras palabras, podía permanecer paralelo a la flota francesa y después cortar y dividir a la flota enemiga en dos secciones.

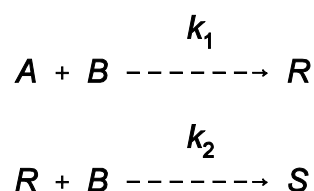
CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

Podía atacar la sección posterior y deshacerse de ella antes de que la sección anterior pudiese virar y volver a la batalla.

¿Dividiría a la flota francesa, y en caso afirmativo, en qué punto habría de hacerlo, y con cuántos barcos atacaría a cada una de las secciones anterior y posterior? El comodoro Forsythe-Smythe, que estaba muy tranquilo tomando su grog, estuvo considerando estas posibilidades y aconsejando a Nelson en qué punto había de partir la flota francesa, para hacer máxima la posibilidad de éxito. También estaba de acuerdo en predecir el resultado de esta batalla empleando esta estrategia. ¿Cuáles fueron sus conclusiones?

Problema nº 37)

Se sospecha que **A** y **B** reaccionan de la siguiente forma:



Para ver si ésto es así, se mezclan diferentes proporciones de **A** y **B** en tubos de ensayo y se dejan a temperatura constante durante un cierto tiempo.

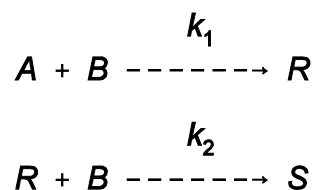
La reacción es lenta y no se está seguro de que se haya completado en el tiempo utilizado. El análisis de los tubos de ensayo da los datos siguientes:

Alimentación, C_{A0}	0,20	0,25	0,33	0,50	0,67	0,75	0,80
Alimentación, C_{B0}	0,80	0,75	0,67	0,50	0,33	0,25	0,20
Producto analizado, C_s	0,20	0,25	0,33	0,21	0,11	0,07	0,05

- a) ¿Ha sido suficiente el tiempo para que la reacción se complete?
- b) El mecanismo propuesto, ¿es correcto? Si es así, ¿cuánto vale k_2/k_1 ?
- c) Planéense cuatro experimentos más. ¿En qué región de concentración deberán realizarse para determinar de forma más precisa k_2/k_1 ?

Problema nº 38)

Considérense las reacciones elementales siguientes:



- a) Se mezcla rápidamente 1 mol de **A** con 3 moles de **B**. La reacción es muy lenta y permite el análisis de composiciones en diversos tiempos. Cuando quedan sin reaccionar 2,2 moles de **B**, existen en la mezcla 0,2 moles de **S**. Calcúlese la composición de la mezcla (A, B, R, S) cuando la cantidad de **S**

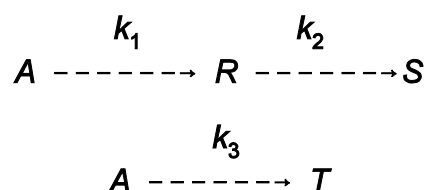
es de 0,6 moles.

b) Se adiciona gota a gota, con agitación constante, 1 mol de **A** a 1 mol de **B**; una vez que ha transcurrido bastante tiempo, se analiza la mezcla y se encuentra que la cantidad de **S** es de 0,5 moles. Dedúzcanse conclusiones sobre k_2/k_1 .

c) Se añadaen conjuntamente 1 mol de **A** y un mol de **B** y se mezclan. La reacción es muy rápida y se efectúa la conversión antes de que pueda realizarse cualquier medida de la velocidad. Al analizar los productos de reacción se encuentra que hay 0,25 moles de **S**. Dedúzcanse conclusiones sobre k_2/k_1 .

Problema nº 39)

Para las reacciones elementales:



se tiene que $k_2 = k_1 + k_3$

Calcúlese $C_{R,máx}$ y t_{opt} .

Problema nº 40)

La hidrólisis del acetato de metilo en disolución diluida es una reacción bimolecular autocatalítica irreversible. Si la concentración inicial del acetato es de 0,5 mol/l y la del ácido acético es de 0,05 mol/l, calcular:

- El coeficiente cinético de la reacción si se alcanza una conversión del 60% en 1 hora.
- El tiempo necesario para que la velocidad de reacción alcance un máximo.
- El valor de la velocidad en ese máximo.
- El tiempo de permanencia en el reactor que conducirá a un producto en el cual la concentración de ácido acético sea de 0,4 mol/l.

Reacciones Heterogéneas

Capítulo 6

Problema nº 41)

Ha de reducirse una impureza **A** del aire por absorción con reacción química en una torre de relleno en contracorriente con una disolución acuosa de un reactivo **B** según la reacción:



La reacción se efectúa en el líquido y es extremadamente rápida (instantánea). También puede suponerse que las difusividades de **A** y **B** en agua son iguales y que $H_A = 1,25 \cdot 10^{-4}$ (atm·m³)/mol. Para el relleno utilizado se tienen los siguientes datos:

$$k_g \cdot a = 32.000 \text{ mol}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{atm})$$

$$k_l \cdot a = 0,5 \text{ h}^{-1}$$

a) Calcular la velocidad de reacción en un punto de la torre en el que $P_{A_0} = 6 \cdot 10^{-6}$ atm y $C_{B_0} = 800$ mol/m³.

b) Si se cambian las condiciones de la entrada de disolvente, en el mismo punto de la torre se tendrá que $C_{B_0} = 30$ mol/m³. Calcular la velocidad de reacción para este caso.

c) Una nueva modificación de las condiciones del disolvente hace que éste tenga una concentración $C_{B_0} = 125$ mol/m³. Obtener la nueva velocidad de reacción.

Problema nº 42)

Ha de separarse CO₂ de aire por contacto con agua en contracorriente a 25 °C. Para este sistema se encuentran los siguientes datos en la bibliografía:

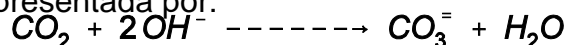
$$k_g \cdot a = 80 \text{ mol}/(\text{h} \cdot \text{l} \cdot \text{atm})$$

$$k_l \cdot a = 0,5 \text{ h}^{-1}$$

$$H = 30 \text{ (atm} \cdot \text{l)}/\text{mol}$$

a) Obtener las resistencias relativas de las películas gaseosa y líquida y la ecuación de velocidad más sencilla para el diseño de una columna de absorción. Indicar si puede resultar adecuada la absorción con reacción química para esta operación.

Se proyecta emplear una disolución de NaOH para aumentar la separación del CO₂ del aire. La reacción que se produce en fase líquida es irreversible e instantánea, y está representada por:



b) Calcúlese la velocidad de absorción cuando la presión parcial del CO₂ es de 0,01 atm y la disolución de NaOH es de una concentración de 2 mol/l. ¿Cuánto puede aumentarse la absorción con respecto a la absorción física en agua pura?

c) Calcúlese la velocidad de absorción cuando la presión parcial de CO₂ es de 0,2 atm y la disolución de NaOH contiene 0,2 mol/l. ¿Cuánto aumenta ahora la absorción con respecto a la absorción física en agua pura?

Problema nº 43)

Se desea disminuir la concentración de **B** en un líquido de un tanque agitado haciendo borbotear gas que contiene **A** a una presión parcial de 85,3 Pa. Los reactivos **A** y **B** reaccionan de la siguiente forma:



y se dispone de los siguientes datos adicionales:

$$k_{Ag} \cdot a = 0,72 \text{ mol}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Pa})$$

$$k_{Al} \cdot a = 144 \text{ h}^{-1}$$

$$D_A = D_B = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{h}$$

$$a = 100 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$\beta = 0,9 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

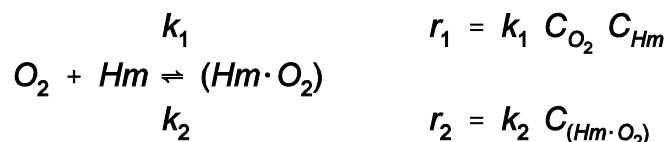
Apartado	Constante de Henry, H (Pa·m ³)/mol	Coefficiente cinético, k m ³ /(mol·h)
a)	10 ⁵	∞
b)	10 ⁵	2,6·10 ⁹
c)	10 ⁵	2,6·10 ⁵

Hallar la velocidad de reacción en cada una de las condiciones indicadas.

Problema nº 44)

La mayor parte de los órganos del cuerpo humano han sido diseñados con un factor de seguridad muy elevado. Por ejemplo, está demostrado que se puede vivir con un solo riñón, la mitad del intestino, una pequeña parte del cerebro, etc. Los pulmones en particular están sobredimensionados de tal forma que pueden acumular gran cantidad de nicotina y otras sustancias.

El transporte de O₂ a través de la membrana pulmonar se lleva a cabo por reacción con la hemoglobina (Hm). Se puede expresar el proceso de la forma siguiente:



La reacción directa es dominante en el pulmón mientras que la reacción inversa lo es en los tejidos. Se supondrá que la membrana pulmonar constituye una película líquida y se ignorará la reacción inversa.

Se dispone de los siguientes datos:

Físicos:

$$H_{O_2} = 0,937 \text{ (atm} \cdot \text{m}^3\text{)}/\text{mol para O}_2 \text{ en agua (Perry)}$$

$$D_{O_2} = 7,1 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s (Sherwood y cols.)}$$

$$D_{Hm} = 8,3 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s (Sherwood y cols.)}$$

$$k_1 = 1,8 \cdot 10^3 \text{ m}^3/(\text{mol} \cdot \text{s) (Sherwood y cols.)}$$

$x_o = 0,5 \cdot 10^{-6}$ m espesor total de la membrana (Comroe)

$C_{Hm} = 2,25$ mol/m³ en la sangre (Comroe)

$k_{Ag} = 0,03$ mol/(s·m²·atm) (supuesto)

En el pulmón:

$V_{sangre} = 1,07 \cdot 10^{-4}$ m³ (Sherwood y cols.)

$V_{pulmón\ expansionado} = V_r = 6,5 \cdot 10^{-3}$ m³ (Grey)

$S_{membrana} = 70$ m² (Comroe)

$P_{O_2} = 0,137$ atm (Comroe)

Oxígeno consumido por el ser humano:

En reposo: $1,5 \cdot 10^{-4}$ mol/s (Levenspiel)

En plena actividad: $36 \cdot 10^{-4}$ mol/s (Comroe)

Trátese de realizar una estimación de la capacidad residual de un pulmón sano en condiciones de reposo y ejercicio máximo.

Problema nº 45)

Para la absorción de **A** en un reactivo **B**, experimentos previos efectuados en un doble reactor de mezcla completa utilizando una determinada relación de volúmenes, área de interfase y velocidad de agitación, condujeron a:

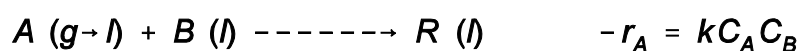
$$-r_A'' \propto \frac{P_{A0} C_{B0}}{\text{const.} + C_{B0}}$$

a) ¿Qué régimen cinético sugieren estos resultados?

b) Si es posible más de un régimen, ¿qué experiencias adicionales serán necesarias para distinguirlos?

Problema nº 46)

El alimento gaseoso **A** reacciona con **B** en fase líquida de la forma siguiente:



en un reactor de lecho relleno de las características siguientes:

$k_{Ag} \cdot a = 0,1$ mol/(h·m³·Pa)

$k_{Al} \cdot a = 100$ h⁻¹

$D_A = D_B = 10^{-6}$ m²/h

$a = 100$ m²/m³

$\beta = 0,1$ m³/m³

Para los siguientes valores de coeficiente cinético, constante de Henry y condiciones de trabajo del reactor:

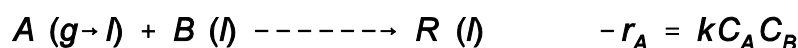
CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

Apartado	k m ³ /(mol·h)	H (Pa·m ³)/mol	P _{Ao} Pa	C _{Bo} mol/m ³
a)	10 ⁴	10 ⁵	100	100
b)	10 ⁶	10 ⁴	100	100
c)	10 ⁻²	10 ³	100	100

- i) Determinar las siguientes características cinéticas:
- * Localización de la zona de reacción
 - * Comportamiento cinético en la película líquida
 - * Localización de la zona de máxima resistencia
- ii) Calcular la velocidad volumétrica global de reacción.

Problema nº 47)

El alimento gaseoso **A** reacciona con **B** en fase líquida de la forma siguiente:



en un reactor de lecho relleno de las características siguientes:

$$k_{Ag} \cdot a = 0,1 \text{ mol}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Pa})$$

$$k_{Al} \cdot a = 100 \text{ h}^{-1}$$

$$D_A = D_B = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{h}$$

$$a = 100 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$\beta = 0,1 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

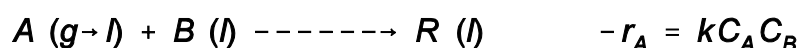
Para los siguientes valores de coeficiente cinético, constante de Henry y condiciones de trabajo del reactor:

Apartado	k m ³ /(mol·h)	H (Pa·m ³)/mol	P _{Ao} Pa	C _{Bo} mol/m ³
a)	10 ⁸	10 ⁵	10 ⁶	100
b)	10 ⁸	1	100	100
c)	10 ⁸	1	1	100

- i) Determinar las siguientes características cinéticas:
- * Localización de la zona de reacción
 - * Comportamiento cinético en la película líquida
 - * Localización de la zona de máxima resistencia
- ii) Calcular la velocidad volumétrica global de reacción.

Problema nº 48)

El alimento gaseoso **A** reacciona con **B** en fase líquida de la forma siguiente:



en un reactor de lecho relleno de las características siguientes:

$$k_{Ag} \cdot a = 0,1 \text{ mol}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Pa})$$

$$k_{Al} \cdot a = 100 \text{ h}^{-1}$$

$$D_A = D_B = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{h}$$

$$a = 100 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$\beta = 0,1 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Para los siguientes valores de coeficiente cinético, constante de Henry y condiciones de trabajo del reactor:

Apartado	k m ³ /(mol·h)	H (Pa·m ³)/mol	P _{Ao} Pa	C _{Bo} mol/m ³
a)	10 ¹²	10 ²	100	10 ⁻⁴
b)	10 ⁻⁴	1	100	100
c)	10 ⁻²	1	100	100

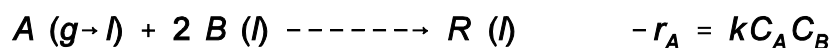
i) Determinar las siguientes características cinéticas:

- * Localización de la zona de reacción
- * Comportamiento cinético en la película líquida
- * Localización de la zona de máxima resistencia

ii) Calcular la velocidad volumétrica global de reacción.

Problema nº 49)

Una corriente de **A** gaseoso y aire pasa en forma de burbujas a través de un tanque que contiene **B** acuoso. La reacción tiene lugar de la siguiente forma:



siendo las características de este sistema:

$$k_{Ag} \cdot a = 0,01 \text{ mol}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Pa})$$

$$k_{Al} \cdot a = 20 \text{ h}^{-1}$$

$$D_A = D_B = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{h}$$

$$a = 20 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$\beta = 0,98 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$H_A = 10^5 \text{ (Pa} \cdot \text{m}^3)/\text{mol (muy poca solubilidad)}$$

Para las características del reactor siguientes:

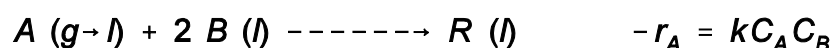
Apartado	P _{Ao} Pa	C _{Bo} mol/m ³	k m ³ /(mol·h)
a)	5·10 ³	100	10 ⁶
b)	5·10 ³	1	10 ⁶
c)	5·10 ⁵	10	1

i) Localizar la zona de reacción.

- ii) Localizar las diversas resistencias a la reacción.
- iii) Calcular la velocidad volumétrica de reacción.

Problema nº 50)

Una corriente de **A** gaseoso y aire pasa en forma de burbujas a través de un tanque que contiene **B** acuoso. La reacción tiene lugar de la siguiente forma:



siendo las características de este sistema:

$$k_{Ag} \cdot a = 0,01 \text{ mol}/(\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Pa})$$

$$k_{Al} \cdot a = 20 \text{ h}^{-1}$$

$$D_A = D_B = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{h}$$

$$a = 20 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$\beta = 0,98 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$H_A = 10^5 \text{ (Pa} \cdot \text{m}^3)/\text{mol (muy poca solubilidad)}$$

Para las características del reactor siguientes:

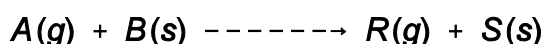
Apartado	P_{A0} Pa	C_{B0} mol/m ³	k m ³ /(mol·h)
a)	$5 \cdot 10^3$	10	10^6
b)	$5 \cdot 10^3$	1	1
c)	$5 \cdot 10^5$	100	10^6

- i) Localizar la zona de reacción.
- ii) Localizar las diversas resistencias a la reacción.
- iii) Calcular la velocidad volumétrica de reacción.

Capítulo 7

Problema nº 51)

Partículas sólidas esféricas que contienen **B** son tostadas isotérmicamente en un horno de gas de composición constante. El sólido se convierte en productos de acuerdo con el modelo de núcleo decreciente (MND), como se indica a continuación:



Indíquese el mecanismo controlante de la velocidad de transformación del sólido a partir de los siguientes datos de conversión (procedentes de análisis químicos) y de tamaño del núcleo (medidas):

a)

d_p	x_B	t
1	0,5	2
1	0,875	5

b)

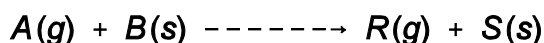
d_p	x_B	t
1	0,3	2
1	0,75	5

c)

d_p	x_B	t
3	0,4	3
3	0,8	17

Problema nº 52)

Partículas sólidas esféricas que contienen **B** son tostadas isotérmicamente en un horno de gas de composición constante. El sólido se convierte en productos de acuerdo con el modelo de núcleo decreciente (MND), como se indica a continuación:



Indíquese el mecanismo controlante de la velocidad de transformación del sólido a partir de los siguientes datos de conversión (procedentes de análisis químicos) y de tamaño del núcleo (medidas):

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

a)

d_p	r_c	t
3	1,1	3
2	0,6	3

b)

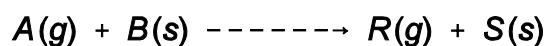
d_p	r_c	t
4	1,4	3
2	0,3	3

c)

d_p	r_c	t
3	1,2	3
1	0,2	3

Problema nº 53)

Partículas sólidas esféricas que contienen **B** son tostadas isotérmicamente en un horno de gas de composición constante. El sólido se convierte en productos de acuerdo con el modelo de núcleo decreciente (MND), como se indica a continuación:



Indíquese el mecanismo controlante de la velocidad de transformación del sólido a partir de los siguientes datos de conversión (procedentes de análisis químicos) y de tamaño del núcleo (medidas):

a)

d_p	x_B	t
2	0,875	1
1	1	1

b)

d_p	x_B	t
2	0,6	1
1	0,95	1

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

PROBLEMAS

Pg. 26

c)

d_p	x_B	t
2	0,6	3
1	0,9	3

d)

d_p	x_B	t
3	0,4	1
1	0,92	1

Problema nº 54)

Suponiendo una reacción de primer orden respecto a **A**, desarrollar una expresión del tiempo que represente la conversión de partículas esféricas de radio **R**(m) en una atmósfera de gas C_A (kmol/m³) a partir de los datos siguientes obtenidos en una atmósfera de concentración $C_A = 0,01$ kmol/m³, considerando que se cumple el MND:

d_p (cm)	x_B	t (min)
2	0,5	5
2	1	10

Problema nº 55)

La reducción de partículas esféricas de UO_3 a UO_2 se lleva a cabo en una atmósfera uniforme con los siguientes resultados:

t (h)	0,18	0,347	0,453	0,567	0,733
x_B	0,45	0,68	0,8	0,95	0,98

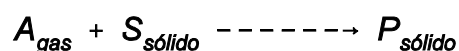
Suponiendo que la reacción sigue un MND, hallar el mecanismo controlante y la ecuación de velocidad que explique este proceso de reducción.

Problema nº 56)

Partículas esféricas de 4 mm se convierten totalmente en producto siguiendo el modelo de núcleo decreciente, en 15 min a 550 °C. La conversión completa tiene lugar en 2 h para partículas de 12 mm a 590 °C. Hallar el tiempo necesario para la conversión completa de partículas de 8 mm a 550 °C.

Problema nº 57)

Para un determinado proceso:



CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

se han realizado ensayos para hallar la relación entre el radio (R), la conversión (x) y el tiempo (t). Para ello se ha dejado reaccionar una cierta cantidad de sólido de un único radio con un caudal continuo del gas **A** en gran exceso, de modo que la concentración de **A** en el gas es constante en el tiempo y en cualquier localización sobre la superficie externa del sólido. La temperatura es constante y no se prevén variaciones de temperatura en el interior de las partículas del sólido. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

R (cm)	0,2	0,4	0,8
x	t (min)		
0,1	20	90	3.500
0,2	100	3.800	15.200
0,4	4.300	17.400	69.500
0,8	24.800	99.400	397.800

Compruébese si puede ajustarse el modelo de núcleo decreciente (MND) a estos datos.

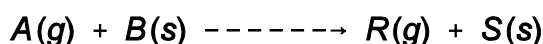
Problema nº 58)

Dos muestras de pequeño tamaño de un sólido se introducen en un horno de atmósfera constante donde permanecen durante 1 h. En estas condiciones las partículas de 4 mm obtienen el 57,8% de conversión, mientras que las de 2 mm alcanzan el 87,5%.

- a) Hallar el mecanismo de conversión de los sólidos.
- b) Hallar el tiempo necesario para la conversión completa de partículas de 1 mm en el horno en cuestión.

Problema nº 59)

El componente gaseoso **A** a $0,05 \text{ kmol/m}^3$ y el sólido **B** a 200 kmol/m^3 reaccionan siguiendo el mecanismo de núcleo decreciente, obteniéndose un producto sólido:

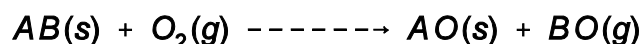


Desarrollar una ecuación de velocidad que explique la conversión del sólido de tamaño **R** (m) a la temperatura **T** (K) a partir de los siguientes datos:

d _p (cm)	T (°C)	x _B	t (h)
1	327	1	5
2	353	1	5
2	327	1	10

Problema nº 60)

La siguiente reacción heterogénea no catalítica gas-sólido se lleva a cabo con partículas sólidas de distinto tamaño en el seno de aire a 1 atm y 500 K:



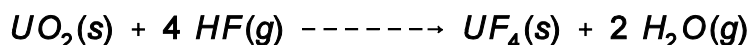
El sólido es **AB** puro (peso molecular: 100 g/mol) de densidad 5,12 g/cm³ y al oxidarse se forma una ceniza rígida porosa no desmoronable de **AO**. En este experimento se han obtenido los siguientes datos:

Radio de las partículas (μ)	Tiempo necesario para conversión completa (min)
50	5
100	10
200	20

¿Qué indican los datos con respecto a la cinética de la reacción?

Problema nº 61)

El dióxido de uranio es atacado por el ácido fluorhídrico obteniéndose tetrafluoruro de uranio:



Utilizando partículas esféricas de UO₂ en una atmósfera uniforme, se obtuvieron los siguientes datos:

t (min)	4	12	25	35	42
x _B	0,32	0,64	0,875	0,96	0,99

El examen visual de las partículas sólidas que han reaccionado parcialmente sugiere que la reacción sigue el MND. Hallar el mecanismo y la ecuación de velocidad que explique esta reacción.

Problema nº 62)

Una partícula sólida esférica de tamaño d_p reacciona con un gas siguiendo el MND. La partícula se convierte totalmente en producto sólido en $\tau = 200$ min, y en el proceso de conversión las etapas de difusión a través de las cenizas y de reacción contribuyen en un 50% cada una a la resistencia global.

Hallar el tiempo necesario para alcanzar las condiciones que se señalan a continuación y la resistencia relativa debido a la difusión a través de las cenizas:

- Para alcanzar la conversión completa de partículas de tamaño $4d_p$.
- Para alcanzar la conversión completa de partículas de tamaño $d_p/4$.
- Para alcanzar el 87,5% de conversión de partículas del tamaño d_p .
- Para alcanzar el 27,1% de conversión de partículas del tamaño d_p .

Problema nº 63)

Si para partículas de 2 cm, $T_{\text{cenizas}} = 1.600.159$ y $T_{\text{reacción}} = 384.005$, hallar el tiempo necesario y la contribución en tanto por ciento de la difusión a través de las cenizas a la resistencia global para una conversión del 87,5% de:

- Partículas de 2 cm.
- Partículas de 2 mm.

Problema nº 64)

Una carga de sólidos se trata con un gas de composición uniforme. El sólido se convierte dando un producto no adherente, de acuerdo con el modelo de núcleo decreciente. En una hora la conversión es aproximadamente de 7/8, y en dos horas la conversión es completa. Indíquese el mecanismo controlante de la velocidad.

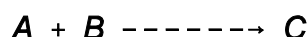
Problema nº 65)

En un lugar sombrío, al final de Brown Street en Lewisburg, Pensilvania, hay un monumento conmemorativo de la Guerra Civil: un general en bronce, un cañón de bronce con una inscripción que dice que todavía puede disparar, y un conjunto de balas esféricas de hierro. Cuando se construyó este monumento, en 1868, la longitud del círculo máximo de las balas era de 76,2 cm. En 1974, debido a los agentes atmosféricos, a la corrosión y a la limpieza que efectúa cada diez años la DCW, las balas de cañón tenían solamente una longitud de 75,6 cm. Calcúlese aproximadamente cuánto tiempo tardarán en desaparecer.

Capítulo 8

Problema nº 66)

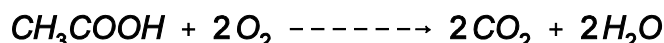
Una reacción gaseosa catalizada por un sólido tiene la forma:



Obtégase la velocidad inicial (velocidad a conversión cero) en función de la presión total cuando el mecanismo es una reacción entre el **A** adsorbido y el **B** en fase gaseosa. La etapa controlante es la reacción de superficie. Supóngase que los reactivos iniciales **A** y **B** están presentes en una mezcla equimolar.

Problema nº 67)

Se han medido velocidades de reacción para la oxidación en fase líquida de disoluciones acuosas diluidas de ácido acético en agua, a 68 atm de presión total y temperaturas de 250 a 280 °C, en un reactor catalítico de lecho fijo. El oxígeno se predisolvió en la disolución de ácido acético y agua para que sólo fluyera una fase líquida sobre el lecho de partículas catalíticas (no hay fase gaseosa presente). La reacción de oxidación es:



El catalizador consiste en óxidos de Mn, Co y La sobre un soporte de aluminato de zinc. Ensayos preliminares indicaron que el caudal de líquido a través del reactor no afectaba a la velocidad de reacción y que las velocidades a $d_p = 0,054$ cm podían considerarse como velocidades de reacción superficial.

Se midió el efecto de la concentración de oxígeno sobre la velocidad total a 260 °C y una concentración promedio de ácido acético $C_{HA} = 33,3 \cdot 10^{-7}$ mol/cm³. Las velocidades de oxidación obtenidas (mol/gcat·s), expresadas como velocidad de producción de dióxido de carbono, r_{CO_2} , fueron las siguientes:

[O ₂] (mol/cm ³)	$r_{CO_2}/[HA]$ (cm ³ /g·s)
$1,23 \cdot 10^{-7}$	$2,70 \cdot 10^{-2}$
$3,68 \cdot 10^{-7}$	$4,29 \cdot 10^{-2}$
$5,69 \cdot 10^{-7}$	$5,19 \cdot 10^{-2}$
$8,70 \cdot 10^{-7}$	$6,30 \cdot 10^{-2}$

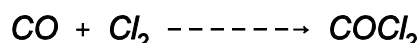
El efecto de la concentración de ácido acético sobre la velocidad total se midió a tres temperaturas, con una concentración constante de alimentación de oxígeno de $10,4 \cdot 10^{-7}$ mol/cm³. Los resultados para el tamaño de partícula $d_p = 0,054$ cm fueron:

1/[HA] (cm ³ /mol)	[O ₂] ^{1/2} /r _{CO₂} (g·s/mol ^{1/2} ·cm ^{3/2})		
	260 °C	270 °C	280 °C
1,21·10 ⁵	3,48·10 ³	2,47·10 ³	1,90·10 ³
3,10·10 ⁵	4,70·10 ³	3,30·10 ³	2,55·10 ³
6,30·10 ⁵	6,00·10 ³	4,05·10 ³	3,00·10 ³
13,0·10 ⁵	10,2·10 ³	5,75·10 ³	4,40·10 ³

Obténgase una ecuación para la velocidad superficial de la reacción de oxidación. Obténgase asimismo la dependencia de los coeficientes cinéticos de la ecuación con la temperatura.

Problema nº 68)

Potter y Baron (1951) estudiaron la reacción irreversible a presión atmosférica, usando como catalizador carbón activado:



Los estudios preliminares mostraron que la velocidad de la reacción no dependía del caudal de los gases a través del reactor. El análisis de los datos de velocidad indicó que la reacción tiene lugar por la adsorción del Cl₂ y del CO en la superficie del catalizador y una reacción de superficie entre los complejos adsorbidos. Se supone que la reacción de superficie es la que controla la velocidad total de la reacción, más que la adsorción o la desadsorción. Además, las mediciones preliminares de adsorción indicaron que el cloro y el fosgeno se adsorbían fácilmente en el catalizador, no así el monóxido de carbono. Por tanto, la constante de equilibrio de adsorción del monóxido de carbono, aún cuando no es cero, se consideró despreciable con respecto a la del Cl₂ y a la del COCl₂.

a) Basándose en esta información, desarrollar una expresión para la velocidad de la reacción en términos de las presiones parciales en la corriente global de la fase gaseosa.

b) Determinar los mejores valores para las constantes de equilibrio de adsorción para el Cl₂ y el COCl₂, y el producto C_tk_sK_{CO}, siendo:

C_t: concentración total de centros activos (mol/gcat)

k_s: coeficiente cinético de la velocidad de reacción de superficie

K_{CO}: constante de equilibrio de adsorción del CO

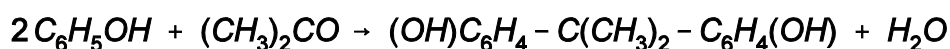
a partir de los datos experimentales mostrados en la siguiente tabla, para los cuales la temperatura fue 30,6 °C y el tamaño del catalizador aseguraba una efectividad total de su superficie:

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

r (mol/gcat·h)	Presión parcial (atm)		
	CO	Cl ₂	COCl ₂
0,00414	0,406	0,352	0,226
0,00440	0,396	0,363	0,231
0,00241	0,310	0,320	0,356
0,00245	0,287	0,333	0,376
0,00157	0,253	0,218	0,522
0,00390	0,610	0,113	0,231
0,00200	0,179	0,608	0,206

Problema nº 69)

Remicker y Gates (1974) investigaron la reacción en fase líquida entre el fenol y la acetona para producir α-bifenol y agua a 364 K. El catalizador era un copolímero de estireno sulfonado y divinilbenceno. La reacción es:

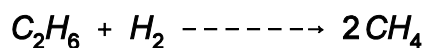


Obtégase una ecuación de velocidad basada en las siguientes etapas elementales, suponiendo que la etapa controlante es la c):

- a) Adsorción reversible de acetona.
- b) Reacción reversible de la acetona adsorbida con fenol (no adsorbido), para producir el intermediario adsorbido de alcohol terciario.
- c) Reacción superficial irreversible entre el fenol no adsorbido y el alcohol terciario adsorbido, para producir agua adsorbida y α-bifenol (no adsorbido).

Problema nº 70)

Los datos de velocidad intrínseca de la hidrogenólisis de etano:



sobre catalizadores metálicos (como Ni, Co), obedecen a la ecuación empírica:

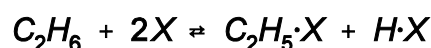
$$r = k [C_2H_6]^a [H_2]^b$$

donde los parámetros **k**, **a** y **b** dependen del catalizador.

Supóngase que el mecanismo es:

- 1) Adsorción reversible de C₂H₆ sobre un centro catalítico:

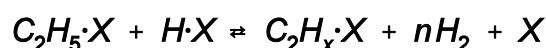
k_1



k_1'

2) Extracción de hidrógeno:

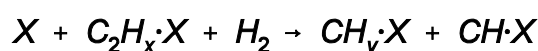
k_2



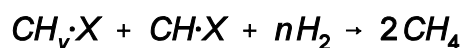
k_2'

3) Reacción del H_2 para romper el enlace C - C:

k_3



4) Reacción posterior del H_2 para producir CH_4 :



a) Obténgase una ecuación de velocidad a partir del mecanismo postulado, suponiendo que la velocidad está controlada por la etapa 3 (irreversible) y que se puede aplicar la hipótesis del estado estacionario para obtener la concentración de C_2H_6 adsorbido.

b) ¿Será la ecuación empírica una buena aproximación para el resultado obtenido en el apartado a)?

Problema nº 71)

Se han medido velocidades de oxidación de SO_2 con aire en un reactor de laboratorio. El catalizador de platino estaba depositado solamente en la superficie externa de gránulos cilíndricos de Al_2O_3 , de densidad 4.190 kg/m^3 y superficie específica $175,68 \text{ m}^2/\text{m}^3$. El sistema operaba a una presión de 790 mm Hg y a una temperatura de $480 \text{ }^\circ\text{C}$. En estas condiciones, el coeficiente de transferencia de materia entre el gas y las partículas era $k_g = 1,02 \cdot 10^4 \text{ m/h}$.

Evaluar cuantitativamente la contribución del transporte externo de materia y obtener la concentración de SO_2 sobre la partícula catalítica para los dos casos representados por los siguientes resultados:

Apartado	x_{SO_2}	$-r_p$ (mol SO_2 /gcat·h)	P_{SO_2} (atm)
a)	0,1	0,0956	0,0603
b)	0,6	0,0198	0,0273

Problema nº 72)

Se han medido las velocidades totales de oxidación de SO₂ con un catalizador de platino impregnado en la superficie exterior de partículas cilíndricas de alúmina (S_o = 1,05 m²/kg). Los datos se obtuvieron en un reactor a conversión constante y operando con un fluido de composición 6,5% molar de SO₂ y 43,5% molar de aire. Los resultados fueron los siguientes:

T (°C)	r _p (mol SO ₂ /gcat·h)
350	0,0049
360	0,00788
380	0,01433
400	0,02397
420	0,0344
440	0,0514
460	0,0674
480	0,0898
500	0,122

- Si sólo se usaran los datos a 460 y 500 °C y se despreciara la resistencia a la difusión, ¿cuál sería la energía de activación “aparente”?
- Calculando las diferencias de concentraciones entre el seno del fluido y la partícula catalítica para todos los datos de temperatura disponibles, estimar la verdadera energía de activación para la combinación de los procesos de reacción y transporte de materia externo.

NOTAS:

- ✓ Despreciar las diferencias de temperatura entre el seno del gas y la superficie catalítica.
- ✓ Considérese que la reacción es de primer orden irreversible respecto al SO₂.
- ✓ Parámetros del fluido:
 $P_{\text{total}} = 790 \text{ mm Hg}$
 $k_g = 4,58 \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{atm}$

Problema nº 73)

Calcúlese la fracción de la resistencia global al transporte de materia y a la reacción química, debida a la película gaseosa, en una descomposición catalítica, si el coeficiente cinético referido al volumen del catalizador es:

$$k_s = 4 \text{ s}^{-1}$$

y la resistencia de la película gaseosa, estimada por correlaciones adimensionales

de transferencia de materia está expresada por:

$$k_g = 5 \frac{mm}{s}$$

NOTA: El catalizador está formado por partículas esféricas de 1 mm de diámetro.

Problema nº 74)

Se lleva a cabo una reacción catalítica de primer orden irreversible ($\Delta H = -20.000 \text{ cal/mol}$) en un reactor a 2 atm de presión total y 200 °C, siendo la fracción molar del reactivo en el gas de 0,25.

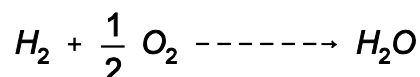
- Estimar la diferencia máxima de temperatura entre el seno del fluido y la superficie catalítica.
- ¿Cuál será la diferencia de temperatura si la resistencia al transporte externo es tal que la concentración del reactivo sobre la superficie catalítica es la mitad de su valor en el seno de la fase gaseosa?

NOTAS: La relación entre los coeficientes de transporte es:

$$h/k_g = 0,4125 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{K}$$

Problema nº 75)

La siguiente reacción se lleva a cabo en un catalizador de platino sobre alúmina a temperaturas bajas ($\Delta H = -57.800 \text{ cal/mol}$):



De acuerdo con las investigaciones de Maymo y Smith (1966), supóngase que la velocidad en la superficie catalítica viene dada por:

$$r \left[\frac{\text{mol } O_2}{\text{gcat} \cdot \text{s}} \right] = 0,327 P_{O_2}^{0,804} e^{-\frac{5.230}{RT}}$$

donde P_{O_2} está en atm y T en K.

- Calcular la velocidad total de reacción en un punto del reactor, que opera a 1 atm de presión total, donde las condiciones en el seno de la fase gaseosa son:

$$\begin{aligned} T_g &= 100 \text{ }^\circ\text{C} \\ (P_{O_2})_g &= 0,060 \text{ atm} \\ (P_{H_2})_g &= 0,94 \text{ atm} \end{aligned}$$

¿Se pueden despreciar las resistencias externas a la transferencia de materia y a la transmisión de calor?

- Determinar la relación entre la velocidad total y la velocidad evaluada en las condiciones del seno de la fase gaseosa.

NOTAS:

✓ Características de las partículas catalíticas no porosas (consideradas como esféricas):

$$\begin{aligned} d_p &= 1,86 \text{ cm} \\ m &= 2 \text{ g} \end{aligned}$$

✓ Parámetros de la fase gaseosa en las condiciones de operación:

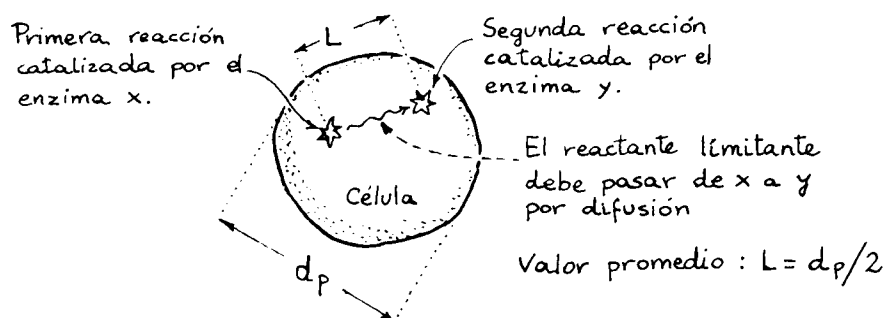
$$k_g = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{atm}$$

$$h = 0,5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$$

Problema nº 76)

Si la Naturaleza obra sabiamente, y así es normalmente, el tamaño de las células no puede ser ni excesivamente grande (límite impuesto por el fenómeno de difusión dentro de la célula en condiciones de operación eficiente), ni excesivamente pequeño (requeriría una superficie demasiado extensa).

Supóngase que el proceso de conversión bioquímica de una célula tiene lugar según una secuencia de reacciones catalizadas por diversas enzimas presentes en la célula, donde la etapa limitante es una reacción específica de una especie química en cierta zona de la célula, seguida por una difusión a otra zona, donde tiene lugar la reacción siguiente, según se muestra en la Figura:



Weisz (1962) propuso los siguientes órdenes de magnitud para las cantidades pertinentes:

$-r_A = 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ O}_2/\text{g célula} \cdot \text{min}$ (velocidad de consumo de oxígeno y reacción por diversos órganos, células y bacterias, medida a 1 atm y 37 °C).

$C_A = 10^{-8} \text{ mol/cm}^3$ (concentración del componente limitante en el metabolismo del oxígeno).

$D_e = 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ (difusividad del componente limitante dentro de la célula).

A partir de estos valores, estimar el tamaño de una célula típica. Comparar el valor obtenido con el tamaño real de las células, que varía desde 5 hasta 10 μm .

Problema nº 77)

Se llevó a cabo una serie de experimentos utilizando varios tamaños de partícula de un catalizador, con objeto de determinar la importancia de la difusión en los poros. La concentración del reactivo en la superficie del catalizador fue de $C_{As} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/cm}^3$ y se obtuvieron los siguientes datos:

Diámetro de la esfera (cm)	0,25	0,075	0,025	0,0075
r_A observado ($\text{mol/cm}^3 \cdot \text{h}$)	0,22	0,70	1,60	2,40

- a) A partir de estos datos, determinar el coeficiente cinético de la reacción superficial, k_s , y la difusividad efectiva, D_e .
 b) Predecir el factor de efectividad y la velocidad de reacción para una partícula cilíndrica de catalizador con diámetro de partícula $d_p = 0,5$ cm.

Problema nº 78)

Se han observado las siguientes velocidades para una reacción de primer orden irreversible, llevada a cabo sobre un catalizador esférico:

d_p (cm)	$r_{obs.}$ (mol/gcat·h)
0,6	0,09
0,3	0,162

En ambos casos se han observado fuertes limitaciones difusivas.

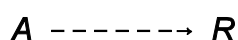
- a) Determinar la “velocidad real” de reacción.
 b) ¿Sigue siendo importante la resistencia difusional para partículas con $d_p = 0,1$ cm?

Problema nº 79)

Se han obtenido los datos experimentales que se muestran en la tabla:

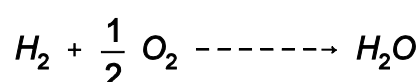
d_p	C_{As}	$-r_A$	T (K)
1	20	1	480
2	40	2	480
2	40	3	500

Hallar la energía de activación de la reacción de primer orden:



Problema nº 80)

Maymo y Smith (1966) midieron los datos de velocidad en un gránulo de catalizador (1,86 cm de diámetro) de platino sobre Al_2O_3 para la reacción a presión atmosférica:



Se evaluaron también las propiedades del catalizador (difusividad y conductividad), así como las temperaturas del centro y de la superficie. La velocidad se obtuvo en un reactor tipo tanque con agitación en el cual el gránulo estaba rodeado de una mezcla reaccionante de gases bien mezclados. Los datos de un experimento fueron los siguientes:

Temperatura de la superficie del gránulo: 101 °C
 Temperatura del centro del gránulo: 148 °C
 Densidad del catalizador: 0,0602 g/cm³
 Fracción molar de oxígeno en la superficie del catalizador: 0,0527
 Difusividad efectiva: 0,166 cm²/s
 Conductividad térmica efectiva: 6,2·10⁻⁴ cal/cm·s·°C
 Velocidad de reacción: 2,48·10⁻⁵ mol O₂/gcat·s
 Calor de reacción: -115.400 cal/mol O₂

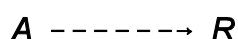
También se obtuvieron datos de velocidad para las partículas pequeñas con las cuáles se prepararon los gránulos. Los resultados expresados en velocidad de consumo de oxígeno, (mol/gcat·s) estaban correlacionados de la siguiente forma, donde P_{O₂} viene dado en atmósferas:

$$r_{part.} = 0,327 P_{O_2}^{0,804} e^{-\frac{5.230}{RT}}$$

- Estimar el gradiente de temperatura máximo en el interior del gránulo.
- ¿Afectan los gradientes internos de concentración y temperatura a la velocidad de reacción?
- A partir de los datos experimentales de velocidad de reacción, evaluar el factor de efectividad de los gránulos de catalizador.
- Estimar teóricamente el factor de efectividad.

Problema nº 81)

En un reactor experimental que contiene gránulos de catalizador de 6 mm (L = 10⁻³ m) tiene lugar la reacción catalítica de energía de activación, E = 167 kJ/mol:



Se practican rigurosas mediciones en la zona en que C_{Ag} = 100 mol/m³ y T_g = 500 K, cuyos resultados se muestran en la tabla adjunta.

Para los casos cuyos datos se dan en la tabla, hallar aquellos factores que influyen la velocidad de reacción observada:

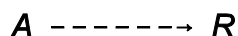
- ✓ Influencia del transporte externo: fracción de resistencia, concentraciones y gradientes de temperatura
- ✓ Influencia de la difusión interna: factor de efectividad y gradientes de temperatura

y obtener el coeficiente cinético, k_s (m³gas/m³sólido·s) y el factor de efectividad a 500 K.

Apartado	-r _A (mol/m ³ ·s)	ΔH (kJ/mol)	D _e (m ² /s)	k _e (W/m·K)	h (W/m ² ·K)	k _g (m/s)
a)	1	-10	10 ⁻⁶	10 ⁻²	100	0,1
b)	10 ³	-10	10 ⁻⁶	10 ⁻²	10 ⁵	1
c)	10 ³	+10	10 ⁻⁶	10 ⁻²	10 ⁵	1

Problema nº 82)

En un reactor experimental que contiene gránulos de catalizador de 6 mm ($L = 10^{-3}$ m) tiene lugar la reacción catalítica de energía de activación, $E = 167$ kJ/mol:



Se practican rigurosas mediciones en la zona en que $C_{Ag} = 100$ mol/m³ y $T_g = 500$ K, cuyos resultados se muestran en la tabla adjunta.

Para los casos cuyos datos se dan en la tabla, hallar aquellos factores que influyen la velocidad de reacción observada:

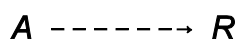
- ✓ Influencia del transporte externo: fracción de resistencia, concentraciones y gradientes de temperatura
- ✓ Influencia de la difusión interna: factor de efectividad y gradientes de temperatura

y obtener el coeficiente cinético, k_s (m³gas/m³sólido·s) y el factor de efectividad a 500 K.

Apartado	$-r_A$ (mol/m ³ ·s)	ΔH (kJ/mol)	D_e (m ² /s)	k_e (W/m·K)	h (W/m ² ·K)	k_g (m/s)
a)	10^2	+10	10^{-4}	1	10	0,1
b)	10^2	+10	10^{-8}	0,1	10	1
c)	10^2	+10	10^{-8}	1	10	0,1

Problema nº 83)

En un reactor experimental que contiene gránulos de catalizador de 6 mm ($L = 10^{-3}$ m) tiene lugar la reacción catalítica de energía de activación, $E = 167$ kJ/mol:



Se practican rigurosas mediciones en la zona en que $C_{Ag} = 100$ mol/m³ y $T_g = 500$ K, cuyos resultados se muestran en la tabla adjunta.

Para los casos cuyos datos se dan en la tabla, hallar aquellos factores que influyen la velocidad de reacción observada:

- ✓ Influencia del transporte externo: fracción de resistencia, concentraciones y gradientes de temperatura
- ✓ Influencia de la difusión interna: factor de efectividad y gradientes de temperatura

y obtener el coeficiente cinético, k_s (m³gas/m³sólido·s) y el factor de efectividad a 500 K.

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

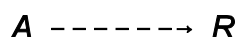
PROBLEMAS

Pg. 40

Apartado	$-r_A$ (mol/m ³ ·s)	ΔH (kJ/mol)	D_e (m ² /s)	k_e (W/m·K)	h (W/m ² ·K)	k_g (m/s)
a)	10 ²	-10	10 ⁻⁴	1	10	0,1
b)	10 ⁴	-10	10 ⁻⁶	10 ⁻²	10 ³	10
c)	10 ⁴	-1	10 ⁻⁷	10 ⁻²	20	0,2

Problema nº 84)

Se planea un experimento consistente en una reacción de primer orden en un reactor relleno de gránulos de catalizador poroso de 6 mm ($L = 10^{-3}$ m):



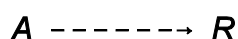
En el punto del reactor donde $C_{Ag} = 100$ mol/m³, hallar, para cada uno de los casos cuyas características se muestran en la tabla:

- 1) Si la velocidad de reacción se verá afectada por fenómenos no isotérmicos, es decir, determinar la temperatura en la superficie y en el centro de los gránulos del catalizador.
- 2) Si la resistencia a la difusión en los poros o bien la resistencia de la película gaseosa, o ambas, afectan a la velocidad de reacción.
- 3) El factor de efectividad, η_s , basado en un gránulo isotérmico a T_s .
- 4) La velocidad de reacción a la temperatura T_s .

Apartado	T_g (K)	ΔH (kJ/mol)	E (kJ)	k_s (s ⁻¹)	D_e (m ² /s)	k_e (W/m·K)	h (W/m ² ·K)	k_g (m/s)
a)	1000	-10	335	0,01	10 ⁻⁶	10 ⁻²	10 ²	1
b)	1000	-10	251	6	6·10 ⁻⁶	10 ⁻²	10 ⁷	100
c)	1000	+1	335	100	10 ⁻¹⁰	10 ⁻²	10 ²	0,1

Problema nº 85)

Se planea un experimento consistente en una reacción de primer orden en un reactor relleno de gránulos de catalizador poroso de 6 mm ($L = 10^{-3}$ m):



En el punto del reactor donde $C_{Ag} = 100$ mol/m³, hallar, para cada uno de los casos cuyas características se muestran en la tabla:

- 1) Si la velocidad de reacción se verá afectada por fenómenos no isotérmicos, es decir, determinar la temperatura en la superficie y en el centro de los gránulos del catalizador.
- 2) Si la resistencia a la difusión en los poros o bien la resistencia de la película gaseosa, o ambas, afectan a la velocidad de reacción.
- 3) El factor de efectividad, η_s , basado en un gránulo isotérmico a T_s .

CINÉTICA QUÍMICA APLICADA

4) La velocidad de reacción a la temperatura T_s .

Apartado	T_g (K)	ΔH (kJ/mol)	E (kJ)	k_s (s ⁻¹)	D_e (m ² /s)	k_e (W/m·K)	h (W/m ² ·K)	k_g (m/s)
a)	1000	0	251	10^3	10^{-5}	10^{-2}	10	0,1
b)	500	-1	167	100	10^{-8}	10^{-2}	12,5	0,27
c)	500	+20	167	100	10^{-8}	0,1	50	0,1

Capítulo 9

Problema nº 86)

Experimentos de adsorción de n-hexano sobre partículas de gel de sílice ($S_g = 832 \text{ m}^2/\text{g}$) a 70°C dieron los siguientes resultados:

P_{C_6} (atm)	mol C6 absorbidos/gcat
0,0020	$10,5 \cdot 10^{-5}$
0,0040	$16 \cdot 10^{-5}$
0,0080	$27,2 \cdot 10^{-5}$
0,0113	$34,6 \cdot 10^{-5}$
0,0156	$43 \cdot 10^{-5}$
0,0206	$47,3 \cdot 10^{-5}$

- Determinar la concordancia de estos datos con la isoterma de Langmuir. ¿Hasta qué valores de la presión es lineal la isoterma?
- Obtener el volumen de n-hexano requerido para cubrir completamente la superficie catalítica con una capa monomolecular. Calcular la fracción de superficie ocupada por dicha capa monomolecular en función de la presión.
- Si una molécula de n-hexano a 70°C ocupa una superficie de $58,5 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^2$, obtener el volumen de la capa monomolecular a partir del dato de superficie específica.

NOTA: Puede considerarse que el n-hexano adsorbido ocupa un volumen de $22,4 \text{ l/mol}$.

Problema nº 87)

Los siguientes datos fueron suministrados por Taylor y Williamson para la adsorción de hidrógeno sobre una mezcla en polvo de $\text{MnO}/\text{Cr}_2\text{O}_3$:

A 305°C :

P (mm Hg)	44	51	63	121	151	230	269
v (cm^3)	156,9	160,8	163,6	168,0	169,6	171,1	171,6

A 444°C :

P (mm Hg)	3	22	48	77	165
v (cm^3)	57,1	83,3	95,0	98,1	100,9

- ¿Se cumple la isoterma de Langmuir para estos datos?
- ¿Cuál es el volumen de una monocapa de moléculas en cada caso?

Problema nº 88)

Para una muestra de 0,606 g de gel de sílice, Brunauer, Emmet y Teller (1937) obtuvieron la isoterma de adsorción, operando con nitrógeno líquido a -195,8 °C:

$$\frac{P}{v(P_0 - P)} = 0,1 \cdot 10^{-3} + 13 \cdot 10^{-3} \frac{P}{P_0}$$

donde el volumen viene dado en cm³.

Calcular la superficie específica que dichos autores obtuvieron para la gel de sílice, aplicando su método de determinación de superficies de partículas.

NOTA: La densidad del nitrógeno líquido a -195,8 °C es de 0,808 g/cm³.

Problema nº 89)

Al estudiar una muestra de 8,01 g de Glucosil con adsorción de N₂ a -195,8 °C, se obtuvieron los siguientes datos:

Presión (mm Hg)	Volumen adsorbido (cm ³ en C.N.)
6	61
25	127
140	170
230	197
285	215
320	230
430	277
505	335

Estimar la superficie específica (m²/g) de la muestra de Glucosil, considerando que los datos corresponden a la aplicación de método de BET.

NOTAS:

- ✓ La presión de vapor del N₂ a -195,8 °C es de 1 atm.
- ✓ La densidad del nitrógeno líquido a la temperatura del experimento es de 0,808 g/cm³.

Problema nº 90)

Ritter y Drake (1945) dieron un valor de 3,675 g/cm³ para la densidad real del material sólido de una partícula de alúmina activada. La densidad de la partícula, determinada por desplazamiento de mercurio, era de 1,547 g/cm³. La superficie específica determinada por medidas de adsorción era de 175 m²/g. A partir de esta información, calcular el volumen de poros por gramo, la porosidad de las partículas

y el radio medio de los poros.

La densidad global de un lecho de partículas de alúmina en una probeta graduada de 250 cm^3 es de $0,81 \text{ g/cm}^3$. ¿Qué fracción del volumen total del lecho corresponde a espacios vacíos entre las partículas y qué fracción es espacio vacío en el interior de las mismas?