

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
TECNOLOGÍA ESPECÍFICA: QUÍMICA INDUSTRIAL	INGENIERÍA DE LA REACCIÓN QUÍMICA	3º	1º	6	Obligatoria
<b>PROFESOR(ES)</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>		
Fernando Camacho Rubio Antonia Reyes Requena			FERNANDO CAMACHO RUBIO Departamento Ingeniería Química, Despacho 2ªP 7 958 243309 <a href="mailto:fcamacho@ugr.es">fcamacho@ugr.es</a> ANTONIA REYES REQUENA Departamento Ingeniería Química, Despacho 2ªP 6 958 249018 <a href="mailto:areyesr@ugr.es">areyesr@ugr.es</a>		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>		
			FERNANDO CAMACHO RUBIO Martes de 9:30 a 13:30 Miércoles de 8:30 a 10:30 ANTONIA REYES REQUENA Lunes de 9:30 a 10:30 y de 12:30 a 13:30, Martes de 10:30 a 11:30 y de 12:30 a 13:30, Miércoles de 11:30 a 12:30, Jueves de 12:30 a 13:30		
<b>GRADO EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>		
Grado en Ingeniería Química			Grado en Ciencias Químicas como un curso de aplicaciones prácticas de la Cinética Química.		
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)</b>					
Es recomendable tener cursadas las asignaturas Matemáticas I, II y III, Física I, Química Física, Termodinámica Química Aplicada Tener conocimientos adecuados sobre: <ul style="list-style-type: none"><li>• Comprensión de textos en inglés científico.</li><li>• Principios de la Termodinámica.</li></ul>					



- Propiedades físico-químicas.
- Cálculo diferencial e integral.
- Álgebra de matrices.
- Fundamentos de cálculo numérico.
- Cinética formal y molecular.
- Fenómenos de Transporte.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)**

Cinética de las reacciones homogéneas. Interpretación de los resultados experimentales. Catálisis heterogénea. Cinética de las reacciones en fase fluida catalizadas por sólidos. Interacción entre la reacción química y la difusión en los poros. Sistemas gas-líquido: aceleración química de la absorción de un gas en una fase líquida. Cinética del cultivo de microorganismos.

#### **COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS**

- Competencias Generales Instrumentales
- CI1: Capacidad de análisis y síntesis
- CI3: Comunicación oral y escrita en la lengua propia
- CI5: Resolución de problemas
- Competencias Generales Personales:
- CP1: Trabajo en equipo
- CP3: Habilidades en las relaciones interpersonales
- CP4: Razonamiento crítico
- Competencias Generales Sistémicas:
- CS1: Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- CS2: Aprender de manera autónoma
- CS4: Habilidad para trabajar de forma autónoma
- Competencias Específicas:
- CB1: Capacidad para la resolución de problemas matemáticos que puedan plantearse en Ingeniería Química.
- CB2: Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la termodinámica y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
- CB3: Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- CR1: Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.
- CT2: Conocimientos sobre ingeniería de la reacción química, diseño de reactores. Biotecnología

#### **OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)**

Que el alumno sea capaz de:

- Desarrollar modelos cinéticos para los procesos químicos.
- Plantear e interpretar la investigación experimental de la cinética de un proceso químico.
- Analizar sistemas utilizando balances de materia y energía y la cinética de los fenómenos de transporte y procesos químicos que tienen lugar.

Así mismo, que sea capaz de

- Realizar estudios bibliográficos y sintetizar resultados.
- Presentar sus Trabajos por escrito.
- Trabajar en equipo.



- Presentar sus Trabajos de forma oral.

Y que adquiera la formación y herramientas necesarias para aprender por si mismo los métodos utilizados en el tratamiento cinético de los sistemas no considerados en el Temario.

## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO:

- Tema 1. Ecuación de velocidad de reacción en sistemas homogéneos. Reacciones reversibles y prácticamente irreversibles. Sistemas líquidos y gaseosos.
- Tema 2. Mecanismos de reacción. Aproximación de etapa controlante y de estado estacionario para los intermedios. Catálisis homogénea. Reacciones enzimáticas.
- Tema 3. Influencia de la temperatura sobre los parámetros cinéticos. Constantes cinéticas elementales. Ecuación de Arrhenius. Teoría de las velocidades absolutas de reacción. Influencia de la temperatura sobre las constantes de Equilibrio. Ecuación de van't Hoff.
- Tema 4. Determinación experimental de la ecuación de velocidad de reacción. Planificación de los experimentos. Congelación de la reacción. Tipos de reactores de Laboratorio.
- Tema 5. Métodos integral y diferencial de interpretación de resultados cinéticos. Método de las velocidades iniciales de reacción. Ajuste de los resultados experimentales: diferenciación numérica de datos discretos.
- Tema 6. Catálisis heterogénea. Adsorción. Adsorción física y quimisorción. Preparación de catalizadores sólidos. Tipos de reactores de Laboratorio con catalizadores sólidos.
- Tema 7. Propiedades de los catalizadores sólidos. Área superficial específica y volumen de poros. Ecuación BET. Penetración de mercurio: distribución de tamaños de poros.
- Tema 8. Mecanismos de las reacciones en fase fluida catalizadas por sólidos. Influencia de los fenómenos de transporte externos y en el interior de los poros. Forma general de las ecuaciones cinéticas.
- Tema 9. Difusión y reacción en un medio poroso. Factor de efectividad. Generalización para diferentes geometrías y diferentes ecuaciones cinéticas. Influencia de la transmisión de calor.
- Tema 10. Transporte entre la fase fluida y la superficie externa del catalizador. Factor de efectividad incluyendo el transporte externo. Criterios utilizados para analizar la influencia de los fenómenos de transporte.
- Tema 11. Reacciones gas-líquido. Interacción entre la transferencia de materia y la reacción química. Factor de aceleración química. Regímenes de funcionamiento: reacción lenta, rápida e instantánea.
- Tema 12. Cinética del cultivo de microorganismos y células. Velocidades específicas de crecimiento, consumo de nutrientes y generación de productos. Crecimiento limitado por un nutriente que se suministra a velocidad constante.

### TEMARIO PRÁCTICO:

Seminarios/Talleres, Aula de Informática.

- 1) Aplicación del método integral.
- 2) Aplicación del método diferencial.
- 3) Comparación métodos integral y diferencial.
- 4) Integración numérica del modelo cinético.
- 5) Propiedades de los catalizadores sólidos.
- 6) Cinética de las etapas superficiales.
- 7) Cálculo del factor de efectividad.
- 8) Cálculo del factor de aceleración química.
- 9) Cultivo de microorganismos aerobios.

### TRABAJOS PRÁCTICOS:

- Ejercicios de Seminario Propuestos (Individual, presentación por escrito).
- Determinación de la ecuación cinética de una reacción homogénea: planificación de los experimentos e interpretación de los resultados. (En equipo, presentación por escrito y oral).



## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- SMITH, J.M.: *CHEMICAL ENGINEERING KINETICS*, 3ª Edición, McGraw-Hill (1981) ISBN 0-07-058710-8. La 2ª Edición ha sido traducida al castellano: *"Ingeniería de la Cinética Química"*, CECSA, México (1986).
- FROMENT, G.F. y BISCHOFF, K.B.: *CHEMICAL REACTOR ANALYSIS AND DESIGN*, John Wiley (1979) ISBN 0-471-02447-3.
- LEVENSPIEL, O.: *EL OMNIBRO DE LOS REACTORES QUÍMICOS* REVERTE (1986), TRADUCCIÓN DE J. COSTA LÓPEZ y L. PUIGJANER CORBELLA.
- SCOTT FOGLER, H.: *ELEMENTOS DE INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS*, Traducción de la 3ª ed., Pearson Educación, México (2001) ISBN 970-26-0079-0.
- BOUDART, M.: *CINÉTICA DE PROCESOS QUÍMICOS*, Alhambra (1974) ISBN 84-205-0475-0.
- IZQUIERDO J.F., CUNILL F., TEJERO J., IBORRA M., FITÉ C. *CINÉTICA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS* Universidad de Barcelona (2004).

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- *MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO*, R.H. Perry y D.H. Green, McGraw Hill (2001), ISBN 84-481-3008-1
- *ULLMANN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY*, BIBLIOTECA FACULTAD DE CIENCIAS FCI/R 66 ULL ull
- McKETTA, J.J.: *ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL PROCESSING AND DESIGN*, M. Dekker(1976) BIBLIOTECA FACULTAD DE CIENCIAS FCI/R 66 ENC enc.

## ENLACES RECOMENDADOS

Directorio de la asignatura a través de acceso identificado <https://www.ugr.es/csirc/servlet/AutenticadorServlet>

Plataforma docente <https://swad.ugr.es/swad?CodAsg=IQ31COA>

Biblioteca de la Universidad de Granada <http://www.ugr.es/~biblio/>

Libros Electrónicos de Ingeniería

[http://www.engineeringvillage2.org/controller/servlet/Controller?EISESSION=1\\_94257f12723b9fc20M2f92ses3&CID=ebookSearch&data\\_base=131072](http://www.engineeringvillage2.org/controller/servlet/Controller?EISESSION=1_94257f12723b9fc20M2f92ses3&CID=ebookSearch&data_base=131072)

Kayode A. "Modeling of Chemical Kinetics and Reactor Design" Gulf Professional EE.UU (2001)

## METODOLOGÍA DOCENTE

### 1. CLASES TEÓRICO-PRÁCTICAS

Exposición en el aula de los contenidos propuestos junto con ejemplos de aplicación de los mismos. El estudio experimental de la cinética de una transformación química implica la aplicación de los conocimientos sobre mecanismos de reacción y teorías de las velocidades de reacción, ingeniería de la reacción química, competencia CT2, pero además los ejemplos desarrollados requieren también aspectos tratados en otras materias de la titulación, termodinámica, competencias CB2, química, competencia CB4, transmisión de calor, competencia CR1, flujo de fluidos, competencia CR2, y técnicas matemáticas, competencias CB1 y CB3, que permiten al alumno integrar los conocimientos adquiridos hasta el momento, acostumbrándole a la resolución de problemas, competencia CI5, y reforzando su razonamiento crítico, competencia CP4.

30 horas presenciales.



## 2. SEMINARIOS

Los sistemas homogéneos, más sencillos, permiten desarrollar de una manera más sencilla la aplicación de los métodos diferencial e integral de interpretación de datos cinéticos, e incluso el análisis de sistemas más complejos de reacciones químicas simultáneas, al mismo tiempo que obligan al alumno a tomar decisiones y analizar los resultados. Los mecanismos de las reacciones en fase fluida catalizadas por sólidos permiten al alumno comprender la interacción entre la reacción química y los fenómenos de transporte, desarrollando su capacidad de observación e interpretación de los resultados experimentales, competencias CG2, CG3 y CI1.

Alguno de estos ejemplos serán propuestos al alumno para su desarrollo individual en casa.

13 horas presenciales

## 3. CLASES PRÁCTICAS

La planificación e interpretación de los experimentos cinéticos, desarrollada en forma secuencial, introduce al alumno en la investigación científica. La diferenciación de datos discretos con técnicas de splines u otras requiere el uso de un lenguaje de programación de alto nivel: MATLAB. En las clases prácticas desarrolladas en el Aula de Informática con los grupos pequeños, se proponen ejemplos de interpretación de datos cinéticos que obligan al alumno a tomar decisiones para encontrar la ecuación cinética más adecuada y hacer uso de técnicas matemáticas y estadísticas, competencias CB1 y CB3, y extraer conclusiones sobre los resultados, competencias CG2, CG3 y CI1.

13 horas presenciales.

## 4. TRABAJO DE CASA

Los ejercicios propuestos al alumno en las clases de seminario y las aplicaciones de interpretación de datos cinéticos serán entregados por el alumno por escrito, competencias CI1, CI3 y CI5.

## 5. TRABAJO EN EQUIPO

Los Trabajos en equipo, en subgrupos de tres alumnos, están diseñados para familiarizar al alumno con la investigación cinética: la planificación e interpretación de experimentos de forma secuencial, al mismo tiempo que aprenden a buscar la información necesaria en la Bibliografía actual y se acostumbran a trabajar en equipo. Estos Trabajos referidos a una ecuación estequiométrica sencilla serán entregados por escrito por los alumnos, y además expuesto de forma oral ante el Profesor y sus compañeros del Grupo de Prácticas correspondiente, competencias CG4, CG5 y CI3.

### PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Primer cuatrimestre	Temas del temario	Actividades presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)					Actividades no presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)				
		Sesiones teóricas (horas)	Sesiones prácticas (horas)	Exposiciones y seminarios (horas)	Exámenes (horas)	Etc.	Tutorías individuales (horas)	Tutorías colectivas (horas)	Estudio y trabajo individual del alumno (horas)	Trabajo en grupo (horas)	Etc.
Semana 1	1	2.0						6.0			
Semana 2	2	2.0	1.0	1.0				4.0			



			P.1							
Semana 3	3	2.0	1.0 P.2	1.0					4.0	
Semana 4	4	2.0	1.0 P.3	1.0					4.0	
Semana 5	5	2.0	1.0 P.4	1.0					4.0	
Semana 6	6	2.0	1.0 P.5	1.0					2.5	1.5
Semana 7	7	2.0	1.0	1.0					2.5	1.5
Semana 8	8	2.0	1.0 P.6	1.0					2.5	1.5
Semana 9	9	2.0	1.0 P.7	1.0					2.5	1.5
Semana 10	10	2.0	1.0 P.8	1.0					2.5	1.5
Semana 11	11	2.0	1.0 P.9	1.0					2.5	1.5
Semana 12	12	2.0	1.0 Exp.	1.0					2.5	1.5
Semana 13	13	2.0	1.0 Exp.	1.0					2.5	1.5
Semana 14	14	2.0	1.0 Exp.	1.0					4.0	
Semana 15	14	2.0							6.0	
Semana 16 Periodo no lectivo									8.0	
Semana 17 Periodo no lectivo									8.0	



Semana 18 Periodo no lectivo									8.0		
Semana 19					Ex. 4.0				2.0		
Total horas		30.0	13.0	13.0	4.0				78.0	12.0	

#### EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

Para evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en esta materia se utilizará el siguiente sistema diversificado:

- Un Examen de curso, 3-4 horas, 2-3 ejercicios prácticos: interpretación de datos cinéticos en sistemas homogéneos y reacciones catalizadas por sólidos, planteamiento y cálculos realizables con una calculadora manual programable, 60 %.
- Un Trabajo de prácticas, en subgrupos de 3 alumnos, de los mismos cálculos anteriores, pero planificando también los experimentos, presentación por escrito y oral, 20 %
- Los Trabajos de casa sobre ejercicios de seminario entregados por el alumno, 10 %
- Asistencia a clases, 10 %.

Un examen extraordinario en Septiembre, equivalente al Examen de curso, continúan siendo válidos los trabajos de curso.

Evaluación única final para aquellos estudiantes a los que se les haya concedido, constará de dos pruebas, una escrita y otra oral en las que se valorarán las competencias desarrolladas en la asignatura. Los contenidos a evaluar corresponderán al temario detallado de la asignatura, la prueba escrita será equivalente al Examen de Curso y la prueba oral incluirá la planificación de experimentos para una investigación cinética.

#### INFORMACIÓN ADICIONAL

Los cálculos prácticos de ajuste de resultados experimentales, aplicación de splines para la diferenciación numérica, e integración de modelos cinéticos homogéneos y heterogéneos implican la aplicación de métodos numéricos, cálculos iterativos e integración de sistemas de ecuaciones diferenciales no lineales, para su realización MatLab dispone de las herramientas necesarias, pero una formación adecuada del alumno en su uso requiere una atención intensa por parte del Profesor que solo puede realizarse en grupos relativamente pequeños en un Aula de Informática durante las clases prácticas, máximo 10-20 alumnos.

