

## **Grado en Ingeniería Química**

### **29922 - Cinética química aplicada**

**Guía docente para el curso 2012 - 2013**

**Curso: 3, Semestre: 1, Créditos: 6.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Ángela Millera Peralta** amillera@unizar.es
- **Joaquín Ruiz Palacín** jruizp@unizar.es
- **Cristina Arnal Forcada** carnal@unizar.es

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Para cursar la asignatura de “Cinética Química Aplicada”, es recomendable que el alumno tenga conocimientos de cálculos estequiométricos, termodinámica y equilibrio químico, flujo de fluidos y transporte de materia y energía. Asimismo, se recomienda tener conocimientos suficientes de cálculo integral y diferencial. Las asignaturas del Grado en Ingeniería Química que sería conveniente que el alumno haya cursado/esté cursando son:

<b>Asignatura</b>	<b>Impartida</b>
Matemáticas I, II y III	Previas
Química	Previa
Ampliación de Química I y II	Previas
Mecánica de fluidos	Previa
Transferencia de materia	Simultánea
Experimentación en Ingeniería Química I	Simultánea

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

Se trata de una asignatura de 6 créditos ETCS, lo que equivale a 150 h de trabajo del estudiante, presencial y no presencial, que se distribuirán en las siguientes actividades:

	<b>Actividad</b>	<b>Alumno (h)</b>
<b>T1</b>	Clase magistral	40
<b>T2</b>	Problemas y casos	20
<b>T6</b>	Trabajos	20
<b>T7</b>	Estudio	64
<b>T8</b>	Pruebas de evaluación	6
	<b>Horas totales</b>	<b>150</b>

El calendario académico, los horarios y aulas de las clases presenciales, se podrán consultar en la página web del Centro (EINA). La relación de fechas y actividades concretas, así como todo tipo de información y documentación sobre la asignatura, se publicarán en el Anillo Digital Docente (ADD: <http://moodle.unizar.es>). Para el acceso al ADD, se requiere que el estudiante esté matriculado en la asignatura.

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

**1:**

Tiene aptitud para aplicar los conocimientos básicos adquiridos para la realización de balances de materia y energía.

**2:**

Interpreta información cinética para reacciones homogéneas y heterogéneas y la sabe aplicar a la industria química.

**3:**

Analiza la influencia de las principales variables en la velocidad de reacción observada.

**4:**

Conoce los fenómenos de transporte acoplados a la cinética heterogénea.

**5:**

Conoce y saber aplicar los diferentes métodos matemáticos para la determinación de la ecuación de velocidad de una reacción química.

**6:**

Resuelve problemas de cinética química e interpreta resultados.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La cinética química es el campo de estudio que analiza la velocidad a la cual tienen lugar las reacciones químicas. Mientras que la termodinámica permite conocer la extensión de las reacciones químicas, la cinética química explica la rapidez a la cual tienen lugar los cambios en los reactores químicos, los reactores bioquímicos, en el medio ambiente, en el interior de las células, etc.

La materia presentada en la asignatura “Cinética Química Aplicada” tiene como objetivo conocer y saber aplicar las estrategias necesarias para deducir las ecuaciones cinéticas que describen reacciones o procesos químicos, tanto homogéneos como heterogéneos, en ausencia y en presencia de catalizadores. Los conceptos y procedimientos desarrollados son básicos dentro del Área de la Ingeniería Química. La información cinética es imprescindible para poder diseñar, operar, controlar y optimizar el reactor químico en los procesos de la industria química. Se enfatizará en los reactores más empleados para la obtención de datos cinéticos, así como en la utilización de distintos métodos de cálculo que permitan definir la ecuación cinética propuesta.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

El objetivo final de la asignatura es que el alumno desarrolle las habilidades necesarias para resolver problemas cinéticos

relacionados con la Ingeniería Química. Para ello, la materia presentada pretende que el alumno:

- Se familiarice con los conceptos básicos y la nomenclatura habituales en la Cinética Química (velocidad y orden de reacción, mecanismos de reacción, etc.) que le permitan analizar reacciones complejas.
- Adquiera conocimientos básicos de las teorías que explican la cinética de las reacciones químicas y de la catálisis.
- Comprenda los principios de la cinética de las reacciones químicas, tanto en sistemas homogéneos como heterogéneos, en ausencia y presencia de catalizadores, para formular correctamente las ecuaciones de velocidad correspondientes.
- Sepa aplicar los métodos de análisis de datos experimentales (métodos integral y diferencial) y de optimización de parámetros cinéticos para la determinación de ecuaciones cinéticas, que representen las transformaciones químicas en procesos industriales, a partir de datos obtenidos en reactores básicos.

## **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

“Cinética Química Aplicada” conforma con “Transferencia de Materia” las materias que constituyen las “Bases de la Ingeniería Química” y pertenece al Módulo obligatorio “Tecnología Específica: Química Industrial”. Se trata de una asignatura de 6 ECTS que se imparte en el primer semestre del tercer curso de la titulación. El papel fundamental de esta asignatura es establecer las bases para la comprensión y el conocimiento de los factores que afectan a la velocidad de las reacciones químicas y para la resolución de problemas cinéticos relacionados con la Ingeniería Química. Por tanto, los conocimientos y habilidades adquiridos en el aprendizaje de esta asignatura serán fundamentales para la comprensión de asignaturas posteriores del plan de estudios (Resolución de 12 de noviembre de 2010 de la Universidad de Zaragoza, BOE nº 288, 29 de noviembre de 2010) fundamentalmente “Diseño de reactores”, asignatura que configura con “Operaciones de separación” la materia “Diseño de Procesos Químicos”, dentro también del Módulo obligatorio “Tecnología Específica: Química Industrial”.

## **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:** Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- 2:** Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano.
- 3:** Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- 4:** Aplicar los conocimientos adquiridos sobre balances de materia y energía, biotecnología, transferencia de materia e ingeniería de la reacción química.

## **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

Los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura son importantes porque otorgan al estudiante una base general teórica-práctica en materia de Cinética Química Aplicada. En concreto, sobre los métodos de obtención y análisis de datos cinéticos para la determinación de la ecuación de velocidad en reacciones homogéneas y heterogéneas, catálisis homogénea y heterogénea, y desactivación de catalizadores. La información cinética es básica para el diseño, optimización y control del reactor químico en el que va a transcurrir la reacción química y, en definitiva, del proceso químico a escala industrial.

---

## **Evaluación**

---

## **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:**

**Opción 1.** Con el fin de incentivar el trabajo continuado del estudiante, se propone una evaluación compuesta por la valoración de las siguientes actividades:

**1. Primera prueba parcial.** (40% de la calificación final), consistente en una prueba escrita. Se centrará en los contenidos de la primera parte del programa que desarrollará fundamentalmente los aspectos cinéticos a considerar en los sistemas homogéneos. Se realizará en período de clases (hacia la mitad del semestre). Constará de una parte teórica (cuestiones teórico-prácticas) y una parte práctica (resolución de problemas). Cada una de las partes (teórica y práctica) supondrá un 50% de la nota de examen, siendo necesario obtener una puntuación mínima de 4.0 sobre 10 en cada una de ellas para poder promediar. Asimismo, será necesario obtener en esta prueba una nota mínima de 4.0 para realizar el promedio con el resto de pruebas programadas. El estudiante que no la supere, o que quiera mejorar su calificación, tendrá opción a presentarse al examen final (actividad del punto punto 4) que se adaptará para la evaluación de la materia correspondiente.

La superación de la primera prueba parcial acreditará la adquisición de los resultados de aprendizaje 1 y 3, y de forma parcial 2, 5 y 6.

**2. Trabajos tutelados.** (20% de la calificación final). A lo largo del semestre, se planteará la resolución de cuestiones, casos prácticos y problemas, similares a los resueltos en las clases presenciales. Los estudiantes deberán realizar 2-4 trabajos, que se desarrollarán en grupos de 3-4 alumnos, siendo tutelados y evaluados por el profesor quien valorará su contenido, comprensión y presentación. Las fechas concretas de entrega de los trabajos serán las establecidas por el profesor considerando el desarrollo del curso.

Los trabajos tutelados se corresponderán con los resultados de aprendizaje 1 a 6, de forma que su correcta realización acredite su logro.

**3. Segunda prueba parcial.** Supondrá el 40% de la calificación final para aquellos alumnos que hayan superado la primera prueba parcial. Correspondrá a los aspectos cinéticos desarrollados en la parte del programa correspondiente a los sistemas heterogéneos, siendo de similares características que la primera prueba parcial. Se realizará en período de exámenes, siendo coincidente con el examen final detallado en el punto 4.

La superación de esta prueba acreditará la adquisición de los resultados de aprendizaje 1, 3 y 4, y de forma parcial 2, 5 y 6.

**4. Examen final.** Se desarrollará una prueba global con todos los contenidos de la asignatura. Supondrá un 40 u 80 % de la calificación final, dependiendo de si el alumno ha superado o no la primera prueba parcial (actividad del punto 1). Esta prueba se realizará dentro del período de exámenes, en la fecha establecida por el Centro para la asignatura. Incluirá una parte teórica (cuestiones teórico-prácticas) y una parte práctica (resolución de problemas). Cada una de las partes (teórica y práctica) supondrá un 50% de la nota de examen, siendo necesario obtener una puntuación mínima de 4.0 sobre 10 en cada una de ellas para poder promediar. La nota obtenida deberá ser igual o superior a 4.0 para promediar con los trabajos tutelados.

La superación de esta prueba acreditará la adquisición de los resultados de aprendizaje 1-6.

Para superar la segunda prueba parcial o el examen final se deberá obtener una nota mínima de 4.0, siempre y cuando con los otros componentes de la evaluación (primer examen parcial y/o trabajos tutelados) se tenga una nota superior a 5.0.

**2:**

**Opción 2.** Aquellos alumnos que no deseen seguir la evaluación según la opción 1, pueden optar por presentarse a una **prueba global**, consistente en:

Una prueba escrita (100 % de la nota final) que se realizará dentro del período de exámenes y en la fecha establecida por el Centro. Incluirá una parte teórica (cuestiones teórico-prácticas) y una parte práctica (resolución de problemas) correspondiente a todos los contenidos de la asignatura. Esta prueba se adaptará para que el alumno acredite la adquisición de todos los resultados de aprendizaje 1-6 e incluirá la resolución de cuestiones, así como de problemas y casos, desarrollados en la actividad "Trabajos tutelados". Para superar la asignatura siguiendo esta opción es necesario obtener una puntuación mínima de 5.0.

# Actividades y recursos

---

## Presentación metodológica general

### El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

Para el diseño del proceso de aprendizaje de esta asignatura, se ha considerado que se trata de una asignatura de carácter teórico-práctico. Esto implica el estudio continuado de sus aspectos teóricos y su posterior aplicación a la resolución de cuestiones y problemas de especial interés que permitan que el alumno asimile los contenidos de la asignatura. La realización de pequeños trabajos por el alumno (seleccionados por el profesor) pretende que éste desarrolle estrategias de aprendizaje autónomo y le motive en la toma de decisiones. No se incluye la realización de prácticas de laboratorio, ya que las relacionadas con la asignatura se incluirán en la asignatura "Experimentación en Ingeniería Química I", que se impartirá simultáneamente en el primer semestre del tercer curso de la titulación.

## Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

### El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

1:

La asignatura "Cinética Química Aplicada" requiere una dedicación por parte del alumno de aproximadamente 150 h, equivalentes a 6 ECTS. La distribución horaria corresponderá a la siguiente planificación de actividades de enseñanza-aprendizaje:

- **Clase Magistral** (40 h). Se llevará a cabo la presentación y explicación por parte del profesor de los contenidos teóricos y la resolución de problemas modelo.
- **Problemas y Casos** (20 h). El alumno resolverá en clase, supervisado por el profesor, problemas y casos prácticos relacionados con las clases teóricas.
- **Trabajos tutelados** (20 h). Resolución de problemas y casos prácticos, propuestos por el profesor, y que se desarrollarán en grupos de 3-4 personas. Se distribuirán durante todo el curso, siendo tutelados y evaluados por el profesor.
- **Estudio personal** (64 h). Se recomienda que el estudiante distribuya su trabajo personal no presencial a lo largo de todo el curso.
- **Pruebas de evaluación** (6 h). Desarrollo de pruebas parciales y examen final, o bien prueba global.

2:

### METODOLOGÍA

El método didáctico incluye transparencias explicativas que contienen de forma ordenada los aspectos teórico-prácticos más importantes de la disciplina. Se aportan numerosos esquemas y ejemplos que permiten la fácil asimilación y aplicación de los conceptos más importantes. Asimismo, se ofrece una colección de ejercicios y cuestiones cuya resolución ofrecerá una herramienta al estudiante para su auto-evaluación. Este material se acompaña de un conjunto de referencias bibliográficas de consulta y profundización.

3:

### CONTENIDOS

1. Conceptos básicos de la Cinética Química Aplicada.
2. Cinética de las reacciones homogéneas.
  - Reacciones elementales y no elementales.
  - Mecanismos de reacción
  - Dependencia de la velocidad de reacción de la concentración y temperatura.
  - Aproximación de Arrhenius.
3. Interpretación de datos cinéticos obtenidos en reactores de laboratorio.
  - Obtención de datos cinéticos. Reactores discontinuos y continuos.
  - Método diferencial de análisis de datos cinéticos.
  - Método integral de análisis de datos cinéticos.
4. Catálisis homogénea.
5. Cinética de las reacciones heterogéneas. Acoplamiento de los procesos de reacción y transporte.

Velocidades globales o totales.

6. Reacciones heterogéneas catalíticas.

- Conceptos generales de catálisis y adsorción.
- Catalizadores sólidos.
- Métodos experimentales para la obtención de datos cinéticos.
- Cinética y mecanismo de las reacciones sobre catalizadores sólidos.
- Desactivación de catalizadores. Cinética de desactivación.

7. Reacciones enzimáticas.

8. Reacciones heterogéneas no catalíticas.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El estudiante tiene 4 h/semana de clases magistrales y de problemas, según el horario establecido por el Centro, publicado con antelación a la fecha de comienzo del curso y que puede ser consultado en la página web del Centro.

La presentación de trabajos se acordará con los estudiantes en función del desarrollo del curso y de la disponibilidad horaria profesor/alumno. El profesor informará de su horario de atención a tutorías.

Una distribución aproximada de los tiempos de duración de los diferentes temas en cuanto a clases magistrales (trabajo personal: 40 h) y clases de problemas y casos (trabajo personal: 20 h), se muestra en la tabla. Se indica también en qué momento se propondrá a los alumnos la entrega de los trabajos tutelados (trabajo personal: 20 h), una vez finalizado el/los tema/s correspondientes.

	<b>Clase magistral (Teoría y problemas modelo)</b>	<b>Problemas y casos</b>	<b>Entrega de trabajos</b>
Tema 1. Conceptos básicos	2	0	–
Tema 2. Cinética de las reacciones homogéneas	4	2	Entrega 1
Tema 3. Interpretación de datos cinéticos	14	6	
Tema 4. Catálisis homogénea	2	1	Entrega 2
<b>PRIMER EXAMEN PARCIAL (3 h)</b>			
Tema 5. Cinética de las reacciones heterogéneas	2	1	
Tema 6. Reacciones heterogéneas catalíticas	10	5	Entrega 3
Tema 7. Reacciones enzimáticas	4	3	
Tema 8. Reacciones heterogéneas no catalíticas	2	2	Entrega 4
<b>Horas totales de trabajo personal</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>SEGUNDO EXAMEN PARCIAL o EXAMEN FINAL (3 h)</b>			

### Bibliografía recomendada

**IZQUIERDO, J.F. y cols.** "Cinética de las Reacciones Químicas". Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, 2004. ISBN: 84-8338-479-5.

**IZQUIERDO, J.F. y cols.** "Problemas resueltos de Cinética de las Reacciones Químicas". Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, 2004. ISBN: 84-8338-480-9.

**FOGLER, H.S.** "Elements of Chemical Reaction Engineering". 2<sup>nd</sup> edition, Prentice-Hall International, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1992. ISBN: 0-13-263666-2. Traducción al castellano de 3<sup>ª</sup> edición: "Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas". Prentice Hall, México, 2001. ISBN: 970-26-0079-0.

**FROMENT, G.F., BISCHOFF, K.B.** "Chemical Reactor Analysis and Design". 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1990. ISBN: 0-471-51044-0.

**GÓNZALEZ VELASCO, J.R. y cols.** "Cinética Química Aplicada". Síntesis, Madrid, 1999. ISBN: 84-7738-666-8.

**LEVENSPIEL, O.** "Chemical Reactor Engineering". 3<sup>rd</sup> edition, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1998. "Ingeniería de las Reacciones Químicas". Limusa, México, 2004. ISBN: 968-18-5860-3.

**LEVENSPIEL, O.** "El Omnilibro de los Reactores Químicos". Reverté, Barcelona, 1986. ISBN: 84-291-7336-0.

**PÉREZ BÁEZ, S.O., GÓMEZ GOTOR, A.** "Problemas y Cuestiones en Ingeniería de la Reacción Química". Bellisco, Madrid, 1998. ISBN: 84-93002-3-X.

**SMITH, J.M.** "Chemical Engineering Kinetics". 3<sup>rd</sup> edition, McGraw-Hill, Nueva York, 1981. Traducción al castellano: "Ingeniería de la Cinética Química". CECSA, México, 1986. 9<sup>a</sup> reimpresión, 1995. ISBN: 968-26-0628-4.

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- 3. Fogler, H. Scott. Elementos de ingeniería de las reacciones químicas / H. Scott Fogler ; traducción, María Teresa Aguilar Ortega ; revisión técnica, Román Ramírez López ... [et al.] . - 4<sup>a</sup> ed. Naucalpan de Juarez, México : Pearson Educación, 2008
- 4. Froment, Gilbert F.. Chemical reactor analysis and design / Gilbert F. Froment, Kenneth B. Bischoff . - 2nd. ed. New York[etc.] : John Wiley, cop. 1990
- 5. Cinética química aplicada / Juan Ramón González Velasco...[et al.] Madrid : Síntesis, D.L. 1999
- 6. Levenspiel, Octave. Ingeniería de las reacciones químicas / Octave Levenspiel ; [versión española por Gabriel Tojo Barreiro] . - 2<sup>a</sup> ed. Barcelona ; México D. F. : Reverté, 2002
- 7. Levenspiel, Octave. El omnilibro de los reactores químicos / O. Levenspiel ; [versión española por J. Costa López y L. Puigjaner Corbella] . - [1<sup>a</sup> ed.], 1<sup>a</sup> reimp. Barcelona [etc.] : Reverté, 2002
- 8. Pérez Báez, Sebastián O.. Problemas y cuestiones en ingeniería de las reacciones químicas / Sebastián O. Pérez Báez, Antonio Gómez Gotor . - 1a ed. Madrid : Bellisco, 1998
- Cinética de las reacciones químicas / José Felipe Izquierdo ... [et al.] Barcelona : Universitat de Barcelona, D.L. 2004
- Problemas resueltos de cinética de las reacciones químicas / José Felipe Izquierdo ... [et al.] Barcelona : Universitat de Barcelona, D.L. 2004
- Smith, Joe Mauk. Chemical engineering kinetics / J.M. Smith . - 3rd. ed. Auckland [etc.] : McGraw-Hill, 1981