

Máster en Química Molecular y Catálisis Homogénea 60453 - Técnicas de caracterización estructural

Guía docente para el curso 2014 - 2015

Curso: 1, Semestre: 1, Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **Ricardo Castarlenas Chela** rcastar@unizar.es
- **Olga Crespo Zaragoza** ocrespo@unizar.es
- **Francisco José Fernández Álvarez** paco@unizar.es
- **Marta Martín Casado** martam@unizar.es
- **Maria Cristina Tejel Altarriba** warmoin@unizar.es
- **Esteban Urriolabeitia Arrondo** esteban@unizar.es
- **Jesús Orduna Catalán** jorduna@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

Son recomendables conocimientos previos de métodos instrumentales y espectroscópicos. También es deseable la comprensión de textos en inglés científico. La asistencia a clase y el estudio continuado facilita la superación de la asignatura.

Actividades y fechas clave de la asignatura

Las actividades programadas se realizarán durante el primer semestre en varias sesiones de una o dos horas semanales. Toda la información sobre horarios, calendario y exámenes está disponible en: <http://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>. La presentación de trabajos se realizará de acuerdo al calendario que se anunciará oportunamente con suficiente antelación.

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Conocer los fundamentos físicos en los que se basan todas las técnicas que se presentan a lo largo de la

asignatura y el tipo de información que genera/proporciona cada técnica.

- 2:** Interpretar la información proporcionada por los espectros o diagramas correspondientes (cromatogramas, voltamogramas, etc) que genera cada técnica y relacionarla directamente con la estructura del compuesto.
- 3:** Conocer e identificar para cada una de las técnicas la instrumentación que utiliza, sus componentes más relevantes (hardware) y sus funciones específicas.
- 4:** Llevar a cabo la preparación de muestras, realizar experimentos programados y diseñar nuevos (en los casos en los que el software y la técnica lo permitan) y manipular los parámetros más relevantes de cada experimento para lograr una información determinada.
- 5:** Adquirir una visión integrada de las distintas técnicas, seleccionando aquella técnica o combinación de técnicas particulares que sean más adecuadas para la resolución de problemas específicos.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

El planteamiento de esta asignatura es proporcionar al estudiante una amplia variedad de herramientas estructurales, que proporcionan informaciones a veces complementarias pero que en ocasiones pueden solaparse. En la asignatura se abordan las técnicas: Espectrofotometrías de Infrarrojo, Raman y Visible-Ultravioleta, Fluorescencia, Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear, Espectrometría de masas y masas acopladas, Técnicas cromatográficas y electroquímicas. Esta asignatura se plantea un doble reto: el conocimiento de cada técnica y la capacidad de integrar los conocimientos de las distintas técnicas.

Se pretende la presentación y estudio de cada técnica en sí misma, y el estudio detallado de la información que proporciona y cómo se relaciona con la determinación estructural. Adicionalmente, se pretende dar una visión integrada de todas las informaciones proporcionadas por todas las técnicas como solución global a la caracterización estructural y/o a la interpretación de una propiedad física en base a la estructura de un compuesto conocido.

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 principal de la asignatura *Técnicas de Caracterización Estructural* es proporcionar al alumno una colección de herramientas de caracterización estructural y medida de propiedades físicas y químicas, en forma de técnicas, que son imprescindibles en la investigación en síntesis química y catálisis. La asignatura aborda el estudio de las técnicas espectroscópicas, espectrométricas, cromatográficas más informativas y útiles en investigación en química inorgánica, orgánica y organometálica, así como en catálisis homogénea y heterogénea. La asignatura pretende profundizar en el conocimiento de cada técnica, comenzando desde los fundamentos básicos, así como del equipamiento específico para cada una de ellas. Así mismo, se pretende proporcionar al alumno una visión de conjunto de todas las técnicas y cómo combinar la información obtenida de cada una de ellas orientada a la caracterización estructural.

El ámbito de aplicabilidad de todas las técnicas estudiadas es muy amplio, pues son herramientas básicas de elucidación estructural y su dominio es imprescindible en cualquier laboratorio de síntesis química y catálisis. Su uso actualmente es generalizado, no sólo dentro de la investigación química más académica, sino también en otras disciplinas y sectores como la medicina, la industria farmacéutica, la de alimentación, control de calidad, etc.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura *Técnicas de caracterización estructural* es una asignatura obligatoria de 6 ECTS que se imparte en el primer cuatrimestre. La asignatura se encuadra dentro del módulo *Caracterización Estructural*. La caracterización estructural es la piedra angular de la investigación en síntesis y en catálisis. El sentido de esta asignatura es proporcionar las herramientas para llevar a cabo esta tarea con rigor. Este objetivo se complementa con la caracterización de propiedades físicas-químicas, base de posibles aplicaciones. Se trata de una asignatura especializada en la que se profundiza y consolida el conocimiento de las diferentes técnicas para hacer que los alumnos puedan ser autónomos a la hora de diseñar, ejecutar e interpretar los distintos experimentos que se pueden llevar a cabo con cada una de ellas.

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

- 1: Discriminar entre las distintas técnicas cuál es la más adecuada para un problema particular, o cuál es la combinación de técnicas que proporciona mayor información.
- 2: Planificar experimentos en cada una de las técnicas seleccionando los parámetros óptimos.
- 3: Interpretar los espectros y relacionarlos con la estructura de los compuestos.
- 4: Ser crítico con los datos obtenidos y determinar el nivel de certeza en la caracterización llevada a cabo.
- 5: Ampliar conocimientos en cada técnica en particular de manera autónoma.
- 6: Integrar conocimientos y formular juicios acerca de una determinada información concerniente a esta técnica.
- 7: Buscar bibliografía relacionada con las técnicas y resumir de forma clara los puntos básicos de dichas publicaciones.

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

La determinación de estructuras moleculares es fundamental en investigación en síntesis y catálisis. Además, la determinación de las propiedades físicas y/o químicas de nuevos compuestos a través de diversas técnicas, una vez conocida la estructura, permite establecer la relación estructura-propiedades-aplicaciones. A nivel general, es una asignatura trascendental y clave para el desarrollo armónico de las demás. Obviamente, dependiendo del tipo concreto de investigación unas técnicas serán más relevantes y/o usadas que otras, e incluso alguna puede llegar a ser imprescindible pero, en cualquier caso, es seguro que se necesitarán dos o más de las aquí presentadas. Además, en todo trabajo de síntesis y/o catálisis aparecen frecuentes referencias a las técnicas aquí presentadas, por lo que su dominio es muy importante.

Evaluación

Actividades de evaluación

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

- 1: La evaluación continua de esta asignatura está basada en las siguientes actividades con la ponderación que se indica:
 - 1.- Controles de resolución de problemas y cuestiones teórico-prácticas de cada técnica (10 %).

2.- Realización de un trabajo dirigido de carácter práctico (25 %).

3.- Prueba escrita a realizar en el periodo de evaluación global consistente en la resolución de problemas y cuestiones teórico-prácticas (65 %).

2:

La calificación final será la mejor de las siguientes notas:

NOTA 1 = $0,10 \times$ nota de controles + $0,25 \times$ nota del trabajo presentado + $0,65 \times$ nota prueba escrita global

NOTA 2 = nota prueba escrita global

El número de convocatorias oficiales de examen a las que la matrícula da derecho (2 por matrícula) así como el consumo de dichas convocatorias se ajustará a la Normativa de Permanencia en Estudios de Máster y Reglamento de Normas de Evaluación del Aprendizaje. A este último reglamento, también se ajustarán los criterios generales de diseño de las pruebas y sistema de calificación, y de acuerdo a la misma se hará público el horario, lugar y fecha en que se celebrará la revisión al publicar las calificaciones. Dicha normativa puede consultarse en: <http://wzar.unizar.es/servicios/coord/norma/evalu/evalu.html>.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

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

El proceso de aprendizaje diseñado para la asignatura está basado esencialmente en clases expositivas de carácter participativo que se complementarán con clases de problemas, seminarios y tutorías. La asignatura tiene un enfoque eminentemente práctico y aplicado, pero sin dejar de lado los fundamentos teóricos ya que estos últimos son imprescindibles para comprender el funcionamiento de las distintas técnicas e interpretar los datos proporcionados en cada una. El formato de los seminarios será el de sesiones prácticas en las que se les proporcione a los alumnos espectros de problemas tipo/reales y se establezca la metodología para su correcta interpretación y análisis.

Muchas de las técnicas que se presentan en la asignatura tienen un funcionamiento dentro de nuestro Instituto como autoservicio, de manera que es fundamental no sólo saber los experimentos disponibles, obtener los espectros correspondientes y sacar la información contenida en ellos, sino también saber manejar el equipamiento. En estas sesiones los alumnos aprenderán las distintas partes del equipo instrumental y su funcionamiento, con el objetivo de que puedan obtener toda la información posible por sí mismos. Siendo esta una asignatura de carácter eminentemente práctico y técnico-manipulativo, las sesiones prácticas de la asignatura son de asistencia obligatoria.

Además de estas actividades, se contempla la realización de un trabajo dirigido de carácter práctico que consistirá en la determinación de la estructura de un compuesto mediante la aplicación integrada de todos los conocimientos adquiridos en la asignatura. En la medida de lo posible se intentará coordinar la resolución de la estructura de este compuesto con las síntesis llevadas a cabo en las asignaturas de *Estrategias en Síntesis Orgánica Avanzada* y *Diseño Molecular en Química Inorgánica y Organometálica*.

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:

Clases expositivo-participativas (3 ECTS).

2:

Resolución de problemas y seminarios (2 ECTS).

3:

Prácticas con grandes equipos (1 ECTS).

4: Trabajos dirigidos de carácter práctico.

5: Tutorías en grupo reducido o personalizadas.

6: Todas las actividades previstas están basadas en el siguiente programa:

Tema 1.- Introducción a las técnicas de caracterización estructural.

Tema 2.- Espectroscopia visible-ultravioleta I. Bases y principios: i) Introducción y conceptos: ii) Espectrómetros V-UV. iii) Medidas en sólido: reflectancia difusa. Esferas integradoras. Función de Kubelka-Munk. iv) Grupos cromóforos y auxocromos. Punto isobéptico. v) Consecuencias de la presencia del metal en la absorción de compuestos de coordinación. El caso particular de los lantánidos.

Tema 3.- Espectroscopia visible-ultravioleta II. Aplicaciones: i) Colorantes: Azocompuestos, ftalocianinas y derivados formazán. ii) Vapocromismo: diversos orígenes estructurales del vapocromismo, otros orígenes, herramientas para el análisis y descripción del fenómeno, condiciones para el uso de compuestos vapocrómicos en sensores.

Tema 4.- Luminiscencia I. Bases y principios. i) Definición y tipos de luminiscencia. ii) Origen de la emisión de luz. iii) Espectros de emisión y excitación. iv) Espectrofluorímetros. v) Tiempo de vida y tiempo de vida media de una transición. vi) Rendimiento cuántico de fluorescencia y fosforescencia. vii) Quenching. viii) Fluoróforos. ix) Análisis de compuestos luminiscentes.

Tema 5.- Luminiscencia II: Aplicaciones. i) Uso de compuestos fosforescentes en OLEDs: principios y partes de un OLED. El papel y las características de los compuestos de coordinación usados en OLEDs. ii) Uso de compuestos luminiscentes en sensores. iii) Utilización de compuestos luminiscentes en diagnóstico.

Tema 6.- Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear I: fundamentos. El espín nuclear, su comportamiento en un campo magnético, frecuencia de Larmor, poblaciones, energía de las transiciones, la magnetización macroscópica, el pulso electromagnético, el fenómeno de la resonancia, la vuelta al equilibrio, la relajación T_1 y T_2 , el tiempo de correlación, la función densidad, la FID, tratamiento matemático.

Tema 7.- Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear II: instrumentación. El imán, partes, bobinas, fabricación, aleaciones, el quench; estabilidad del campo, sistemas de lock y shim, crioshims, perfiles de shims. La sonda, componentes, tuning y matching, sondas directas e inversas, criosondas, nanosondas. La consola, partes, generación de señal, amplificación, routing, recepción, muestreo, digitalización, conversores ADC; gradientes, concepto, forma, usos.

Tema 8.- Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear III: experimentos 1D. Secuencias de pulsos, parámetros relevantes, la secuencia pulso - adquisición, experimentos de ^1H y ^{19}F . Sensibilidad de la técnica, maneras de optimizar. Secuencias de doble irradiación: experimentos de ^{13}C y ^{31}P . Concepto de desacoplador, ventajas e inconvenientes. Secuencias multipulsos en dos o más canales: la secuencia APT, transferencia de polarización, secuencias SPI, INEPT y DEPT.

Tema 9.- Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear IV: El efecto NOE. Origen del NOE, relación con la relajación y el tiempo de correlación, diferencia entre NOE estacionario y NOE transitorio, definición de tiempo de mezcla, el NOE cuando hay varios núcleos, difusión de spin, velocidad de crecimiento de NOE y estimación de distancias, el efecto ROE, el spin - lock. El efecto NOE heteronuclear.

Tema 10.- Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear V: Generación de la segunda dimensión. Experimentos 2D de correlación homonuclear mediante constantes de acoplamiento (COSY, TOCSY) o efecto NOE (NOESY, ROESY). Utilización de gradientes, ventajas. Experimentos 2D de correlación heteronuclear por constantes de acoplamiento (HETCOR, HMQC, HSQC, HMBC) o mediante efecto NOE (HOESY). Experimentos de difusión (DOSY). Reducción de la dimensionalidad: experimentos con pulsos selectivos.

Tema 11.- Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear VI: La escala de tiempo de la RMN: fenómenos dinámicos, fluxionalidad, intercambio, etc. Experimentos para la determinación de constantes de velocidad: transferencia de saturación de espín, simulación de espectros dinámicos, cinéticas de reacción.

Tema 12.- Espectrometría de masas y técnicas acopladas I. Introducción, sistemas de ionización avanzados (APCI/APPI); analizadores, resolución y precisión de la medida en espectros de masas, sistemas de cuadrupolo, de sector magnético, trampa de iones, tiempo de vuelo, FT-ICR, Orbitrap. Interpretación de espectros, masa exacta, distribución isotópica.

Tema 13.- Espectrometría de masas y técnicas acopladas II. Espectrometría de masas tándem MSⁿ, introducción a los iones metaestables, disociación inducida por colisión. Instrumentación: TRAP, FT-ICR, Orbitrap, triple cuadrupolo, Q-TOF, TOF-TOF. Aplicaciones MSⁿ, determinación estructural, análisis de mezclas, secuenciación de péptidos.

Tema 14.- Espectrometría de masas y técnicas acopladas III. Acoplamiento cromatografía - espectrometría de masas: GC-MS, HPLC-MS, TLC-MS.

Tema 15.- Técnicas electroquímicas I. Conceptos básicos: transferencia electrónica y niveles de energía, concentraciones y potencial (ecuación de Nerst), cinética de la reacción de transferencia electrónica (ecuación de Butler-Volmer), fenómenos de transporte de masa (leyes de Fick).

Tema 16.- Técnicas electroquímicas II. Salto de potencial (ecuación de Cottrell); voltametría lineal (ecuación de Randles-Sevcik), reversibilidad electroquímica: sistemas reversibles, irreversibles y quasireversibles; voltametría cíclica, reversibilidad química. Mecanismos de las reacciones electroquímicas: E, EE, EC, ECE.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Los horarios de la asignatura y fechas de exámenes se publican en el tablón de anuncios y en la página web de la Facultad de Ciencias: <http://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>. La presentación de trabajos se realizará de acuerdo al calendario que se anunciará oportunamente con la suficiente antelación.

Bibliografía

Bibliografía Básica

- 1.- Espectroscopia. A. Requena, J. Zúñiga. Pearson/Prentice Hall, 2005.
- 2.- Determinación estructural de compuestos orgánicos. E. Pretsch, P. Bühlman, C. Affolter, A. Herrera, R. Martínez. Springer, NY, 2000.
- 3.- Optical spectroscopy in chemistry and life sciences. An introduction. W. Schmidt, Ed. WILEY-VCH 2005.
- 4.- Basic One- and Two-dimensional NMR Spectroscopy, fifth revised edition. H. Friebolin. Ed. Wiley-VCH, Weinheim, Germany 2010.
- 5.- High Resolution NMR Techniques in Organic Chemistry, second edition. T. D. W. Claridge. Tetrahedron Organic Chemistry Series, volume 27. Ed. Elsevier, 2009.
- 6.- Liquid Chromatography–Mass Spectrometry. Third Edition. W. M.A. Niessen. CRC 2006.
- 7.- Mass Spectrometry Basics. C. G. Herbert, R.A.W. Johnstone. CRC Press 2003.
- 8.- Mass Spectrometry/Mass Spectrometry, Techniques and Applications of Tandem Mass Spectrometry. K.L.Busch, G.L.Glish, S.A.McLucky. Wiley VCH 1988.
- 9.- Electrochemical Methods: fundamentals and applications 2nd ed, A. J. Bard, L. R. Faulkner, John Wiley&Sons, INC, New York 2001.
- 10.- Laboratory Techniques in Electroanalytical Chemistry 2nd ed, P. T. Kissinger, W. R. Heineman Eds., Marcel Dekker, Inc, New York 1996.

Bibliografía Complementaria

En general, la bibliografía complementaria consistirá en artículos de investigación publicados en revistas internacionales, cuyo contenido se irá actualizando cada año. Además, se incluyen los siguientes textos de apoyo:

- 1.- Principles of Fluorescence Spectroscopy. J. R. Lakowicz. Springer 2006.
- 2.- 200 and More NMR Experiments. S. Berger and S. Braun. Ed. Wiley-VCH, Weinheim, Germany 2004.

3.- Understanding NMR Spectroscopy. J. Keeler. Ed. Wiley-VCH, Weinheim, Germany 2006.

4.- Liquid Chromatography–Mass Spectrometry: An Introduction. R. E. Ardrey. Willey-VCH 2003.

5.- Gas Chromatography and Mass Spectrometry. A Practical Guide. F. G. Kitson, B. S. Larsen, C. N. McEwen. Academic Press 1996.

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada