Láseres en Química: fundamentos y aplicaciones.

Carga Docente: 4 créditos

Profesores: **M. Pilar Puyuelo (2 créditos)**
Miguel González Pérez (1 crédito)
J. Andrés Fernández (1 crédito)

Objetivos específicos.

- Comprender los principios físicos y químicos del láser.
- Conocer los diferentes tipos de láseres y sus principales características.
- Conocer algunas técnicas experimentales seleccionadas, basadas en instrumentación láser, para estudiar sistemas de interés químico.
- Desarrollar un sentido crítico sobre el papel de las técnicas láser en el estudio de sistemas químicos: descripción de ventajas y desventajas.
- Conocer y evaluar la adecuación de las distintas técnicas láser en el estudio de la Cinética y Dinámica de reacciones químicas en fase gas.
- Conocer las aplicaciones y uso de las técnicas láser para el análisis de materiales, superficies e interfases. Conocer y evaluar la adecuación de las distintas técnicas láser en el estudio de sistemas químicos de interés biológico.

Contenidos.

1. Fundamentos del láser.

Interacción radiación-materia. Principios físicos del láser. Inversión de población. Cavity resonante y modos característicos. Ganancia. Propiedades de la emisión láser. Láseres continuos y pulsados. Tipos de láseres. Láseres de gas. Láseres de estado sólido. Láseres de semiconductores. Láseres de colorante.

2. Espectroscopías láser.

Espectroscopia de absorción y emisión. Absorción intracavity y cavity ring-down. Espectroscopia de fluorescencia inducida por láser (LIF). Espectroscopia de saturación. Espectroscopia multifotónica. Técnicas de doble resonancia. Espectroscopias Raman. Espectroscopia de ionización multifotónica resonante (REMPI). Espectroscopia resuelta en el tiempo. Láseres y espectrometría de masas.

3. Láseres y reacciones químicas.

Fotoquímica con láser. Espectroscopia láser en el estudio de la cinética y dinámica de reacciones químicas. Aplicaciones en química atmosférica y en procesos de combustión.

4. Láseres y materiales: ablación /desorción láser.

Regímenes de interacción a distintas fluencias de láser: técnicas de baja (desorción), media (desorción/ionización) y alta fluencia (ablación). Ablación láser. Desorción térmica inducida por láser : Técnica MALDI . Técnicas para el estudio de efectos láser sobre tejidos biológicos.

5. Experimentación en el Laboratorio de Láseres.

Medidas de seguridad en un laboratorio de láseres. Tipos de láseres. Partes de un láser. Láseres continuos y pulsados. Propiedades de la emisión láser. Instrumentación básica de espectroscopia láser. Práctica: Detección del excímero de pireno mediante LIF. Estudio de la cinética de excimerización de pireno mediante LIF resuelta en el tiempo. Práctica de demostración: Detección mediante fluorescencia inducida por láser del radical OH producido en una reacción fotoiniciada.

Metodología de enseñanza-aprendizaje

El curso consta de tres créditos teóricos (30 h) y un crédito de laboratorio experimental (10 h), que se imparten en este orden.

Los contenidos seleccionados para la parte teórica del curso (Apartados 1-4 de la tabla de contenidos) proporcionan al alumno una formación básica acerca de lo que es un láser y sus aplicaciones en Química. Teniendo en cuenta los perfiles investigadores del programa de doctorado, se han seleccionado para una mayor dedicación en este curso las aplicaciones de espectroscopia láser en la detección y análisis de especies químicas en fase gaseosa (en el campo de la dinámica de reacciones químicas, si bien son técnicas muy utilizadas en Química Analítica) y en fase condensada, tipo "soft-material" (aplicaciones de la técnica MALDI), habiéndose reducido la dedicación del estudio de aplicaciones ablativas, más importantes en procesado de materiales. La dedicación temporal de cada uno de los módulos teóricos indicados en la tabla de contenidos será aproximadamente de 30% (9h) , 30% (9h), 20% (6h) y 20% (6h), respectivamente. Cada módulo teórico se impartirá dividido en sesiones de 1,5 h de duración, no superándose las dos sesiones diarias. Por otra parte, cada parte incluirá la realización de ejercicios prácticos de aula propuestos por el profesor (ejercicios numéricos, análisis de resultados experimentales, trabajos sobre artículos científicos, etc.), de acuerdo con los objetivos específicos.

Los contenidos seleccionados para la instrucción de la parte experimental del curso (Apartado 5) abarcan tres situaciones para el alumno, de complejidad creciente. El alumno trabajará en grupo, no superándose el número de cuatro alumnos por grupo. En esta instrucción, en la primera parte, el alumno entra en contacto con los distintos láseres disponibles en el laboratorio, distinguiendo los tipos de láseres, sus características y modo de empleo, así como dispositivos típicos de experimentos de espectroscopia láser (detectores, integradores, osciloscopio, medidores de energía, etc.). El alumno de esta forma tiene la oportunidad de relacionar los conceptos aprendidos en los módulos teóricos, y de comprender las medidas de seguridad del laboratorio de láseres. A continuación, en la segunda parte, el alumno realiza una práctica sencilla, en la que se utiliza un láser pulsado para estudiar un proceso fotoquímico en disolución mediante la técnica de LIF resuelta temporal y espectralmente. Finalmente, en la última parte del módulo experimental, el alumno asiste a una práctica de demostración en la que se utilizan dos láseres en un experimento de bombeo y prueba. La dedicación temporal a cada una de las partes experimentales mencionadas son 3h (30%) , 4h (40%) y 3h (30%), respectivamente. De acuerdo con esta dedicación, el módulo experimental del curso se imparte, para cada grupo de alumnos, en tres sesiones de laboratorio, en tres días distintos. Cada alumno elaborará para su evaluación un informe de la práctica realizada en el laboratorio durante la segunda sesión.

Evaluación

La evaluación de los alumnos por parte del profesorado se basa en la asistencia y actitud (interés y participación) en clase y en el laboratorio de láseres por parte de los alumnos, y en la evaluación de los ejercicios/ trabajos propuestos durante el curso.

Bibliografía básica

- 1) 'Understanding lasers' ,(2nd ed.), J .Hecht, IEEE press .1994
- 2) 'Principles of lasers'(4thed.), O.Svelto, Plenum Press. 1998
- 3) 'High Resolution Spectroscopy' (2nd ed.) ,J.M.Hollas, John Wiley & sons. 1998.
- 4) 'Atomic and Molecular Spectroscopy'(4th ed.), S.Svanberg, Springer, 2004
- 5) 'Lasers in Chemistry'(3rd ed.), D.L.Andrews, Springer-Verlag. 1997
- 6) 'An introduction to Laser Spectroscopy' (2nd ed.), Ed. D.L.Andrews and A.A.Demidov, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002
- 7) 'Laser Spectroscopy' (3rd ed.), W.Demtröder, Springer-Verlag. 2003.
- 8) 'Laser Chemistry . Spectroscopy, Dinamics and Aplications', H.H.Telle, A. González Ureña and R. J. Donovan, Wiley, 2007
- 9) 'Chemical kinetics and reaction dynamics', P.L.Houston, Dover, 2006
- 10) 'Laser processing and chemistry', D Bäuerle, Springer-Verlag, 3rd ed. ,2000
- 11) ' Laser applications in surface science and technology' , H -G Rubahn, John Wiley & Sons, 1999
- 12) 'A guide of laser safety', A Roy Henderson, Chapman&Hall, 1992
- 13) 'Experimental Physical Chemistry: a laboratory textbook', A M Halpern and G. McBane, W H Freeman, 3rd ed., 2006