



Guía Docente.

Escenarios 1, 2 y 3:

MÉTODOS ESPECTROSCÓPICOS APLICADOS A LA QUÍMICA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2020-2021



ESCENARIO 1. PRESENCIAL

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	Métodos Espectroscópicos aplicados a la Química
NÚMERO DE CRÉDITOS:	6
CARÁCTER:	Optativa
MATERIA:	Química Física Avanzada
MÓDULO:	Avanzado
TITULACIÓN:	Grado en Química
SEMESTRE/CUATRIMESTRE:	Segundo (cuarto curso)
DEPARTAMENTO/S:	Química Física

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

Grupo único		
Teoría Seminarios	Profesor:	JOSÉ LUIS SANZ VICARIO
	Departamento:	Química Física
	Despacho:	QA-281
	e-mail:	jlsvicario@ucm.es
Tutorías	Profesor:	JUAN ENRIQUE VERDASCO COSTALES
	Departamento:	Química Física
	Despacho:	QA-243
	e-mail:	verdasco@ucm.es
Coordinador del Laboratorio	Profesor:	MARTA MENÉNDEZ CARBAJOSA
	Departamento:	Química Física
	Despacho:	QB-244
	e-mail:	menendez@quim.ucm.es

II.- OBJETIVOS

■ **OBJETIVO GENERAL**

En esta asignatura se pretende ampliar los conceptos fundamentales de la espectroscopia y familiarizar al alumno con las distintas técnicas espectroscópicas y sus aplicaciones más importantes. Específicamente, el alumno adquirirá conceptos básicos en:

- (a) Fundamentos de espectroscopia.
- (b) Procesos fotofísicos y fotoquímicos más importantes y cómo se interrelacionan con la espectroscopia molecular.
- (c) Técnicas espectroscópicas modernas.
- (d) Láseres y su aplicación a la espectroscopia.



- (e) Cinética y dinámica de las reacciones químicas y las técnicas espectroscópicas que se usan para su estudio.

Además, el alumno se acostumbrará al manejo de bibliografía y bases de datos especializadas, y de recursos accesibles a través de Internet.

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los fundamentos de la interacción materia-radiación.
- Capacitar al alumno para explicar cuantitativamente la espectroscopia electrónica de moléculas diatómicas y poliatómicas, estudiando casos prácticos de cierta complejidad.
- Introducir los conceptos fundamentales y aplicaciones de la fotofísica y la fotoquímica y su interrelación con la espectroscopia.
- Aprender los conceptos básicos de las técnicas de espectroscopia por transformada de Fourier, espectroscopia fotoelectrónica y espectroscopia de Rayos X.
- Introducir los fundamentos y propiedades de la radiación láser y los tipos de láseres.
- Conocer las distintas espectroscopias láser, sus fundamentos y aplicaciones.
- Aprender los conceptos fundamentales de la cinética y dinámica de las reacciones químicas.
- Conocer las aplicaciones de la espectroscopia al estudio cinético y dinámico de procesos de fotodisociación y reacciones bimoleculares.
- Iniciar al alumno sobre la espectroscopia del estado de transición y la femtoquímica.

III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Los correspondientes a las asignaturas *Química Física I* y *Química Física II* del Grado en Química, o equivalentes.

■ RECOMENDACIONES:

Se recomienda haber superado las materias del Módulo Básico en el Grado en Química, o equivalentes.

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Interacción materia-radiación. Absorción, emisión estimulada y emisión espontánea. Espectroscopia electrónica. Espectroscopia y Fotoquímica. Espectroscopias por Transformada de Fourier. Espectroscopias fotoelectrónicas. Espectroscopias de Rayos



X. Fundamentos del láser. Tipos de láseres. Espectroscopias láser. Espectroscopia y cinética y dinámica de las reacciones químicas.

■ PROGRAMA:

1. Fundamentos de Espectroscopia

- 1.1. Interacción materia-radiación. Teoría de perturbaciones dependientes del tiempo. Velocidades de transición: absorción y emisión estimulada. Aproximación de dipolo eléctrico. Emisión espontánea: coeficientes de Einstein. Tiempo de vida. Reglas de selección. Intensidades de línea y fuerza del oscilador. Forma y anchura de las líneas espectrales.
- 1.2. Espectroscopia electrónica de moléculas diatómicas y poliatómicas. Reglas de selección electrónicas. Estructura vibracional y acoplamiento vibrónico. Principio de Franck-Condon. Estructura rotacional: transiciones rovibrónicas. Acoplamiento de momentos angulares: casos de Hund. Disociación y predisiociación. Cromóforos. Transiciones d-d en complejos de metales de transición.
- 1.3. Fotofísica molecular. Transiciones radiativas: fluorescencia, fosforescencia y fluorescencia retrasada. Desplazamiento Stokes. Simetría especular. Transiciones no radiativas: conversión interna y cruce entre sistemas. Relajación vibracional. Diagramas de Jablonski. Cinética de los procesos fotofísicos. Tiempo de vida radiativo. Rendimiento cuántico. Desactivación colisional. Procesos fotoquímicos. Excímeros y exciplejos. Transferencia de energía electrónica. Transferencia de energía triplete-triplete. Sensibilización. Transferencia electrónica fotoinducida.

2. Técnicas Espectroscópicas y Aplicaciones

- 2.1. Espectroscopias por Transformada de Fourier. Propiedades de la transformada de Fourier. Transformada de Fourier de funciones matemáticas relevantes en espectroscopia. Técnica de transformada de Fourier en infrarrojo (FTIR). Técnica de pulsos en resonancia magnética nuclear (RMN). Técnica de transformada de Fourier en microondas (FTMW).
- 2.2. Espectroscopia fotoelectrónica. Teorema de Koopmans. Espectroscopia fotoelectrónica en el Ultravioleta. Espectroscopia fotoelectrónica de Rayos X.
- 2.3. Espectroscopia electrónica Auger (AES). Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X. Espectroscopia de absorción de Rayos X (XAS): EXAF (*Extended X-Ray Absorption Fine Structure*) y XANES (*X-ray Absorption Near Edge Structure*).

3. Espectroscopia Láser y Aplicaciones

- 3.1. Principios físicos del láser. Inversión de población. Cavity y modos característicos. Cinética de la radiación láser. Propiedades y características de la emisión láser. Pulsos láser. Láseres monomodo y multimodo. Factor de calidad Q del resonador.
- 3.2. Tipos de láseres. Láseres de estado sólido. Láseres de gas molecular en la región infrarroja. Láseres de gas atómico en la región visible. Láseres de gas molecular



en la región ultravioleta. Láseres de colorante. Láseres químicos. Láseres de diodo.

- 3.3. Láseres en espectroscopia. Espectroscopia láser de absorción, excitación y fluorescencia inducida. Espectroscopias Raman láser: Hiper-Raman, Raman estimulado, CARS y Raman aumentada en superficies. Espectroscopia láser multifotónica. Espectroscopia láser resuelta en tiempo.

4. Aplicaciones de la Espectroscopia al estudio de las Reacciones Químicas: Cinética y Dinámica Molecular

- 4.1. Introducción a las técnicas cinéticas en fase gaseosa. Métodos de iniciación. Sistemas de reacción. Métodos de detección. Técnicas absolutas de fotólisis de destello y láser. Técnica de descarga en tubo de flujo a baja presión.
- 4.2. Dinámica de las reacciones químicas. Mecanismo de colisiones reactivas. Sección eficaz reactiva integral y diferencial. Método de haces moleculares. Preparación de estados cuánticos de reactivos y detección de estados cuánticos de productos.
- 4.3. Técnicas láser para el estudio de procesos de fotodisociación y reacciones bimoleculares. Ionización láser multifotónica resonante y técnica de cartografía de velocidades por imagen de iones. Fotodisociación multifotónica en el infrarrojo.

Tutoría 1. Casos prácticos en espectroscopia electrónica: casos de Hund y acoplamiento vibrónico

Tutoría 2. Casos prácticos en espectroscopia fotoelectrónica y de rayos X

Tutoría 3. Espectroscopia del estado de transición: Femtoquímica

Práctica 1 Fluorescencia inducida por láser del I_2 en estado gaseoso.

Práctica 2 Espectroscopia UV del benceno: Un caso de acoplamiento vibrónico

Práctica 3 Desactivación de la fluorescencia del antraceno en disolución por adición de CCl_4 .

V.- COMPETENCIAS

■ GENERALES:

Las competencias generales del módulo Avanzado de aplicación en esta asignatura son:

- **CG1-MA1:** Reconocer y valorar los procesos químicos en la vida diaria.
- **CG2-MA1:** Valorar la importancia de la Química y su impacto en la sociedad industrial y tecnológica.
- **CG2-MA2:** Relacionar áreas interdisciplinares en plena expansión, y tomar conciencia de la importancia que la investigación interdisciplinar tiene en el avance de la Ciencia.



- **CG3-MA1:** Demostrar una base de conocimientos y habilidades con las que pueda continuar sus estudios en áreas especializadas de Química o en áreas multidisciplinares.
- **CG4-MA1:** Plasmar los conocimientos específicos de cada materia en el lenguaje científico universal, entendido y compartido interdisciplinariamente.
- **CG7-MA1:** Aplicar conocimientos teóricos y prácticos a la solución de problemas en Química y seleccionar el método más adecuado para resolverlos.
- **CG8-MA1:** Valorar investigaciones y estudios detallados en el campo de la Química.
- **CG11-MA1:** Manejar instrumentación para análisis, síntesis e investigaciones estructurales.
- **CG13-MA1:** Desarrollar buenas prácticas científicas de medida y experimentación.

■ ESPECÍFICAS:

Las competencias específicas de la Materia Química Física Avanzada que son de aplicación en esta asignatura son las siguientes:

- **CE12-MAQF1:** Aplicar las técnicas actuales que se utilizan para la simulación en ordenador de sistemas moleculares.
- **CE12-MAQF2:** Manejar programas informáticos tanto comerciales como de acceso libre para la modelización y simulación de moléculas y sistemas químicos.
- **CE12-MAQF3:** Explicar conceptos fundamentales de fotofísica y fotoquímica, tipos de reacciones fotoquímicas e implicaciones de la fotoquímica en el medio ambiente.
- **CE12-MAQF4:** Describir el funcionamiento y manejo de láseres y su aplicación en espectroscopia.
- **CE12-MAQF5:** Explicar conocimientos básicos sobre distintas técnicas espectroscópicas modernas, qué información proporcionan y en qué condiciones son aplicables.
- **CE12-MAQF6:** Describir conocimientos básicos de la reactividad química a nivel molecular, así como una iniciación a la femtoquímica.

■ TRANSVERSALES:

Las competencias transversales del módulo avanzado que son de aplicación en esta asignatura son:

- **CT1-MA1** Elaborar y escribir memorias e informes de carácter científico y técnico.
- **CT2-MA1** Cooperar con otros estudiantes mediante el trabajo en equipo.
- **CT3-MA1** Aprender a tomar decisiones ante un problema real práctico.



- **CT4-MA1** Seleccionar el método más adecuado para resolver un problema planteado
- **CT5-MA1** Utilizar información química, bibliografía y bases de datos especializadas.
- **CT5-MA2:** Manejar bibliografía y bases de datos especializadas, y de recursos accesibles a través de Internet
- **CT7-MA1:** Utilizar herramientas y programas informáticos para el tratamiento de resultados experimentales.
- **CT8-MA1:** Comunicarse en español utilizando los medios audiovisuales más habituales.
- **CT11-MA1:** Desarrollar el aprendizaje autónomo.
- **CT12-MA2:** Desarrollar la sensibilidad por temas medioambientales y preservación del medio ambiente.

VI. – RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Una vez superada esta asignatura, el alumno debe ser capaz de:

Tema 1

- 1.1 Describir la interacción materia-radiación y su aplicación a los fenómenos de absorción y emisión de radiación electromagnética por parte de la materia.
- 1.2 Aplicar los conocimientos sobre espectroscopia electrónica de moléculas diatómicas y poliatómicas a casos complejos.
- 1.3 Aplicar la espectroscopia a la fotofísica y la fotoquímica molecular.

Tema 2

- 2.1 Aplicar los conceptos básicos de las técnicas de espectroscopia por transformada de Fourier, espectroscopia fotoelectrónica y espectroscopia de Rayos X.

Tema 3

- 3.1 Explicar los fundamentos de funcionamiento de un láser y clasificar los tipos de láseres.
- 3.2 Aplicar las distintas espectroscopias laser a casos prácticos.

Tema 4

- 4.1 Conocer los conceptos fundamentales de la cinética y dinámica de las reacciones químicas.
- 4.2 Aplicar la espectroscopia al estudio cinético y dinámico de procesos de fotodisociación y reacciones bimoleculares.
- 4.3 Conocer los fundamentos de la femtoquímica.

VII. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	35	57,5	3,70
Seminarios	10	15	1,00
Tutorías / Trabajos dirigidos	3	4,5	0,30
Prácticas de laboratorio	9	6	0,60
Preparación de trabajos y exámenes	5	5	0,40
Total	62	88	6

VIII.- METODOLOGÍA

Los contenidos de la asignatura se presentan a los alumnos en clases presenciales, divididas en dos tipos:

Las denominadas **clases presenciales de teoría** (3,70 créditos) se impartirán al grupo completo y en ellas se darán a conocer al alumno los contenidos fundamentales de la asignatura. Al comienzo de cada tema se expondrán claramente el programa y los objetivos principales del mismo. Al final del tema se hará un breve resumen de los conceptos más relevantes y se plantearán nuevos objetivos que permitirán interrelacionar contenidos ya estudiados con los del resto de la asignatura y con otras asignaturas afines. Durante la exposición de contenidos se propondrán problemas que ejemplifiquen los conceptos desarrollados o que sirvan de introducción a nuevos contenidos. Para facilitar la labor de seguimiento por parte del alumno de las clases presenciales se le proporcionará el material docente necesario, bien en fotocopia o en el Campus Virtual.

En las **clases presenciales de seminarios** (1,00 créditos) se resolverán ejercicios y cuestiones relacionados con los contenidos desarrollados en las clases de teoría. Periódicamente se suministrará al alumno una relación de dichos problemas/ejercicios con el objetivo de que intente su resolución previa a las clases, lo que incluirá en algunos casos la consulta de bibliografía. En las clases presenciales de seminarios se seguirán diferentes metodologías: resolución completa de algunos de estos ejercicios y cuestiones seleccionados, discusión crítica de los resultados obtenidos por los alumnos. En cualquier caso se debatirá el procedimiento seguido, el resultado obtenido y su significado. Por último, algunos ejercicios serán recogidos por el profesor para su evaluación. Estas clases de teoría y seminario y el trabajo que conllevan desarrollan las competencias generales CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1 y CG8-MA1, y las transversales CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1 y CT7-MA1.

Durante el desarrollo del temario, tanto en las clases presenciales de teoría como en las de seminarios, el alumno adquirirá los conocimientos y la experiencia necesarios para satisfacer todas las competencias específicas a cubrir, CE12-MAQF1, CE12-MAQF2, CE12-MAQF3, CE12-MAQF4, CE12-MAQF5, CE12-MAQF6 y la transversal CT11-



MA1 Además, durante el desarrollo de las sesiones se hará especial énfasis en relacionar los aspectos estudiados con otras disciplinas y fenómenos químicos en la vida diaria, así como en su carácter multidisciplinar, lo que satisfará las competencias generales CG1-MA1, CG2-MA1, CG3-MA1, y CG4-MA1, y las transversales CT8-MA1 y CT12-MA1.

Se realizarán **tutorías programadas** (0,3 créditos) tanto sobre temas directamente relacionados con los contenidos teóricos, para ampliar conocimientos y desarrollar habilidades, como sobre temas más transversales que permitan interrelacionar los contenidos de la asignatura con otros aspectos de interés.

Como complemento al trabajo personal realizado por el alumno y para potenciar el desarrollo del trabajo en grupo, se propondrá la **elaboración y presentación de un trabajo**. Todo ello permitirá que el alumno ponga en práctica sus habilidades en la obtención de información, desarrollando habilidades relacionadas con la utilización crítica de información bibliográfica y bases de datos y el trabajo en equipo (CT1-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2). Además, cada grupo de trabajo podrá evaluar, de forma anónima, el tema desarrollado por otro grupo, de manera análoga a la revisión entre pares propia de las publicaciones científicas, lo que desarrollará el sentido crítico y autocrítico. Este proceso deberá llevarse a cabo de manera previa a la exposición de cada uno de los grupos, de modo que los alumnos implicados introduzcan las correcciones pertinentes en la versión final del trabajo. El proceso de evaluación servirá para que los alumnos desarrollen capacidades de análisis crítico de trabajos científicos y sean capaces de corregir en sus propias elaboraciones los defectos que encuentren en los trabajos que evalúen.

El profesor programará **tutorías** con grupos reducidos de alumnos sobre cuestiones planteadas por el profesor o por los mismos alumnos. También estarán disponibles tutorías para alumnos que de manera individual deseen resolver las dudas que surjan durante el estudio. Estas tutorías se realizarán de forma presencial en los horarios indicados por cada profesor o, excepcionalmente, de modo virtual.

Se utilizará el **Campus Virtual** para permitir una comunicación fluida entre profesores y alumnos y como instrumento para poner a disposición de los alumnos el material que se utilizará en las clases tanto teóricas como de problemas. También podrá utilizarse como foro en el que se presenten algunos temas complementarios cuyo contenido, aunque importante en el conjunto de la materia, no se considere necesario presentarlo en las clases presenciales. Por último, esta herramienta permitirá realizar ejercicios de autoevaluación mediante pruebas objetivas de respuesta múltiple de corrección automática, que permiten mostrar tanto al profesor como al alumno qué conceptos necesitan de un mayor trabajo para su aprendizaje.

Se realizará un **laboratorio** (0,6 créditos) durante todo el curso con temáticas directamente relacionadas con los contenidos de la asignatura. Este laboratorio constará de prácticas experimentales, donde se desarrollen las competencias generales (CG1-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CG11-MF1 y CG13-MA1). Algunas prácticas se plantearán utilizando una metodología de investigación, de modo que se presenten a los alumnos problemas transversales para que ellos los resuelvan utilizando los conocimientos teóricos adquiridos y las técnicas experimentales disponibles en el laboratorio, siempre bajo la guía y supervisión del profesor. Finalmente el alumno presentará informes científicos individuales y en grupo de algunas de las prácticas realizadas (CT1-MA1, CT2-MF2, CT3-MF3, CT5-MA1, CT5-MA2 y CT7-MA1).



IX.- BIBLIOGRAFÍA

- REQUENA A. y ZÚÑIGA J., *Espectroscopia*, Pearson/Prentice Hall, Madrid 2004.
- STEINFELD, J. I., *Molecules and Radiation: An Introduction to Molecular Spectroscopy*, Dover, New York 2010.
- HOLLAS, M., *Modern Spectroscopy*, 4ª Ed., John Wiley, Chichester 2004.
- McHALE, J. I., *Molecular Spectroscopy*, Prentice Hall. Upper Saddle River N.J., 1999.
- LEVINE, I.N., *Espectroscopia Molecular*, Ed. A.C., Madrid 1980.
- BERTRÁN J., NÚÑEZ J., (coord.): *Química Física*, Volúmenes I y II, Ariel Ciencia, Barcelona, 2002.
- ANDREWS, D.L., *Lasers in Chemistry*, Springer-Verlag, Berlin 1985.
- DEMTRÖDER, W., *Laser Spectroscopy*, 4ª Ed., Springer-Verlag, Berlin 2010.
- ABRAMCZYK, H., *Introduction to Laser Spectroscopy*, Elsevier, 2005.
- CANET D., *Nuclear Magnetic Resonance. Concepts and Methods*, John Wiley & Sons, Chichester 1996.
- TELLE, H.H., GONZÁLEZ UREÑA, A. AND DONOVAN, R.J., *Laser Chemistry: Spectroscopy, Dynamics and Applications*, Wiley and Sons, N. Y. 2007.
- LEVINE, R. D., *Molecular Reaction Dynamics*, Cambridge University Press, Cambridge 2005.
- SMITH, E. and DENT, G., *Modern Raman spectroscopy*, Wiley. 2005.
- FERRARO, J. R., NAKAMOTO, K., BROWN, C. W. *Introductory Raman spectroscopy*, Academic Press, 2003.
- ELLIS, A., FEHER, M., WRIGHT, T. *Electronic and Photoelectron Spectroscopy. Fundamentals and Case Studies*, Cambridge University Press, Cambridge 2005.
- VALEUR B., *Molecular Fluorescence. Principles and Applications*, Wiley-VCH, Weinheim 2006.
- LAKOWICZ, J. R., *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, 3º Edition, Springer, Singapore 2006.
- McQUARRIE, D. A. and SIMON, J. D., *Physical Chemistry: A Molecular Approach*, University Science Book, 1997.
- ATKINS, P. and FRIEDMAN, R., *Molecular Quantum Mechanics*, 4ª Ed., Oxford University Press, 2005.

X.- EVALUACIÓN

El rendimiento académico del alumno y la calificación final de la asignatura se computarán de forma ponderada atendiendo a los siguientes porcentajes, que se mantendrán en todas las convocatorias:

■ EXÁMENES ESCRITOS:

65%

Convocatoria de junio: se realizarán un examen parcial y un examen final. Los alumnos que superen el examen parcial con una nota superior a 4 sobre 10 podrán presentarse solamente a la segunda parte de la asignatura, que se evaluará en el examen final. De no haber alcanzado dicha calificación mínima, los alumnos deberán examinarse de todos los contenidos del curso. En cualquier caso, la nota mínima en los exámenes necesaria para aprobar la asignatura es de 4 sobre 10. Los exámenes constarán de



preguntas y problemas sobre los contenidos impartidos durante el curso, tanto en las clases teóricas y seminarios como en las tutorías dirigidas y laboratorios. En la convocatoria de julio se realizará un único examen final semejante al realizado en la convocatoria de junio.

Competencias evaluadas: CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CE12-MAQF1, CE12-MAQF2, CE12-MAQF3, CE12-MAQF4, CE12-MAQF5, CE12-MAQF6, CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT7-MA1, CT8-MA1.

■ TRABAJO PERSONAL: 15%

La evaluación del trabajo de aprendizaje individual realizado por el alumno se llevará a cabo teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Destreza del alumno en la resolución de los problemas y ejercicios propuestos, que se recogerán periódicamente en los seminarios.
- Valoración del trabajo realizado durante las tutorías programadas, de asistencia obligatoria, y a las cuales serán citados los alumnos periódicamente a lo largo del curso.

La calificación obtenida por el alumno en junio por este concepto se mantendrá en la convocatoria de septiembre.

Competencias evaluadas: CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CE12-MAQF1, CE12-MAQF2, CE12-MAQF3, CE12-MAQF4, CE12-MAQF5, CE12-MAQF6, CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1.

■ LABORATORIO: 20%

Los alumnos desarrollarán en grupos reducidos a lo largo del curso una serie de prácticas de laboratorio, siendo la asistencia a estas prácticas **obligatoria**. Se valorará la actitud general de los alumnos en el laboratorio, su trabajo durante las sesiones de prácticas y la destreza en la utilización de los equipos experimentales.

Para todas las prácticas los alumnos deberán realizar un informe científico individual que será objeto de evaluación. En cualquier caso, la nota mínima en el laboratorio para aprobar la asignatura es de 4 sobre 10.

La calificación obtenida por el alumno en junio por este concepto se mantendrá en la convocatoria de septiembre si el alumno ha obtenido una nota superior a la mínima. En caso contrario deberá realizar un examen de laboratorio en septiembre.

Competencias evaluadas: CG11-MA1, CG13-MA1, CE12-MAQF1, CE12-MAQF2, CE12-MAQF3, CE12-MAQF4, CE12-MAQF5, CE12-MAQF6, CT1-MA1, CT2-MA2, CT3-MA3, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1.

■ ASISTENCIA Y PARTICIPACIÓN ACTIVA EN LAS CLASES:

La asistencia a todas las actividades presenciales es **obligatoria**, y la participación activa del alumno en todas las actividades docentes se valorará positivamente en la calificación final.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
I. Fundamentos de Espectroscopia	Clases Teoría	14	1	1ª Semana	6ª Semana
	Clases Problemas	4	1		
	Tutoría programada	1	1		
	Laboratorio	3	2		
II. Técnicas Espectroscópicas y Aplicaciones	Clases Teoría	7	1	7ª Semana	9ª Semana
	Clases Problemas	2	1		
	Tutoría programada	1	1		
	Laboratorio	3	2		
III. Espectroscopia Láser y Aplicaciones	Clases Teoría	7	1	10ª Semana	12ª Semana
	Clases Problemas	2	1		
	Tutoría programada	1	1		
	Laboratorio	3	2		
IV. Aplicaciones de la Espectroscopia al estudio de las Reacciones Químicas: Cinética y Dinámica Molecular	Clases Teoría	7	1	13ª Semana	15ª Semana
	Clases Problemas	2	1		



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Clases de teoría	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1 CE12-MAQF1, CE12-MAQF2, CE12-MAQF3, CE12-MAQF4, CE12-MAQF5, CE12-MAQF6 CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA2	Exposición de conceptos teóricos y planteamiento de cuestiones y nuevos objetivos.	Toma de apuntes. Resolución de cuestiones. Desarrollo de los nuevos objetivos. Formulación de preguntas y dudas.	Calificación de las respuestas realizadas a preguntas relacionadas con los conceptos teóricos.	35	57,5	92,5	15%
Seminarios		Aplicación de la teoría a la resolución de ejercicios numéricos y problemas. Planteamiento de nuevas cuestiones.	Resolución de los ejercicios numéricos, problemas y cuestiones. Formulación de preguntas y dudas. Elaboración y presentación de un trabajo.	Calificación de las respuestas (planteamiento y resultado) realizadas para la resolución de ejercicios numéricos y problemas.	10	15	25	
Tutorías		Dirección y supervisión del estudio y actividades del alumno. Planteamiento de cuestiones. Resolución de dudas.	Consulta al profesor sobre las dificultades conceptuales y metodológicas que encuentra al estudiar la materia. Planteamiento de cuestiones y respuesta a las propuestas por el profesor.	No evaluable.				



Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Tutorías programadas	CE12-MAQF1, CE12-MAQF2, CE12-MAQF3, CE12-MAQF4, CE12-MAQF5, CE12-MAQF6 CT1-MA1, CT5-MA1, CT5-MA2	Exposición de conceptos teóricos y planteamiento sobre temas avanzados y transversales.	Toma de apuntes. Resolución de cuestiones. Desarrollo de los nuevos objetivos. Formulación de preguntas y dudas.	Calificación de las respuestas realizadas a preguntas relacionadas con los conceptos expuestos.	3	4.5	7.5	
Laboratorio	CG8-MA1, CG11-MF1, CG13-MA1 CT1-MA1, CT2-MF2, CT3-MF3, CT5-MA1, CT5-MA2, CT7-MA1	Aplicación de los contenidos teóricos a problemas prácticos. Desarrollo de habilidades experimentales. Obtención y tratamiento de datos experimentales.	Preparación, realización y estudio de los contenidos propuestos. Elaboración de informes de algunas de las prácticas realizadas.	Valoración del trabajo realizado y de los resultados obtenidos. Valoración de los informes de prácticas presentados. Valoración de las habilidades y conocimientos adquiridos.	9	6	15	20%
Exámenes	Las de clases de teoría, seminarios y tutorías.	Propuesta, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno.	Preparación y realización.	Corrección y valoración de los exámenes.	5	5	10	65%
P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación								



ESCENARIO 2. SEMIPRESENCIAL

VIII.- METODOLOGÍA

- **Clases de teoría y seminarios** impartidos por el profesor en el régimen habitual, como en el Escenario 1, y con el mismo contenido. Atendiendo al principio de *máxima presencialidad* aprobado por el Rectorado de la UCM, la sesión será seguida presencialmente por los alumnos en el aula, hasta aforo completo considerando distancia social. Los alumnos ubicados en aulas provistas de cámaras, y que no quepan en el aula, seguirán la sesión virtualmente, bien desde su domicilio o en las zonas de uso público habilitadas por la Facultad para este fin, que estarán debidamente publicitados en el CV. Para las aulas que no tienen cámara, se establecerá un turno rotatorio de alumnos presenciales en el aula, atendiendo a la numeración del DNI. Este procedimiento podrá ser modificado por el profesor a lo largo del curso, según considere oportuno, para ir ajustando el aforo del aula con los estudiantes asistentes a su clase.
 - El material docente utilizado será las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en el Escenario 1, así como vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideran de relevancia e interés. Todo el material estará con antelación a disposición de los estudiantes a través del Campus Virtual para su utilización.
 - Los medios telemáticos utilizados para que los alumnos sin presencialidad en el aula sigan virtualmente las sesiones serán las plataformas: Collaborate disponible en el CV, Google Meet, Microsoft Teams o Zoom. El profesor mantendrá abierta una sesión de este tipo para mantener una relación directa y fluida con los estudiantes que asisten virtualmente, pudiendo así proyectarse simultáneamente la presentación .ppt y seguir las tradicionales explicaciones que se den en la pizarra.
- **Prácticas de laboratorio** previstas con una presencialidad general mínima del 60% para poder cumplir con la distancia social necesaria. Atendiendo a las particularidades de cada práctica, si es posible en algún caso la presencialidad podrá verse modificada ligeramente. La organización docente experimental se sustenta en los siguientes aspectos:
 - La impartición de cada sesión práctica se estructura en tres partes: introducción teórico-práctica, procedimiento experimental y tratamiento de resultados.
 - El procedimiento experimental se desarrollará de forma presencial. En los casos en los que esto no pueda ser viable se prevé la utilización de material grabado o de vídeos comerciales.
 - Las otras dos partes serán impartidas atendiendo a alguno de estas situaciones, o combinaciones entre ellas:
 - (a) Presenciales en un aula, manteniendo así mayor distancia social.
 - (b) Virtuales en sesiones síncronas
 - (c) Virtuales en sesiones asíncronas.
 - El material docente empleado será el mismo que el utilizado en el Escenario 1, además de material escrito en forma de manuales, resultados numéricos y gráficos y/o presentaciones en PowerPoint acompañadas de explicaciones.
 - Todo el material estará a disposición de los alumnos con antelación a través del Campus Virtual.



- **Tutorías Individuales**

Se realizarán por video conferencia y/o correo electrónico.

- **Seguimiento del alumnado**

En la parte de docencia que se realiza de forma presencial se seguirán las mismas técnicas empleadas de forma tradicional.

En la parte de docencia virtual el seguimiento se realizará por diversas técnicas, según considere el profesor: mediante la herramienta de registro de actividades de cada sesión (Collaborate), el nombre de los asistentes (Google Meet), hoja de firmas habilitada en el CV a modo de cuestionario, análisis de descargas efectuadas por los alumnos en el CV, etc.

X.- EVALUACIÓN

Se realizarán exámenes presenciales con el procedimiento descrito en el Escenario 1.



ESCENARIO 3. TOTALMENTE VIRTUAL

VIII.- METODOLOGÍA

- **Clases de teoría y seminario** que serán impartidas de forma combinada en sesiones: (a) síncronas, en el horario oficial establecido y (b) asíncronas.
 - El material docente utilizado será las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM empleadas también en los Escenarios 1 y 2, presentaciones PowerPoint acompañadas de grabaciones de voz donde se incluyen las explicaciones necesarias como si fuese una clase presencial, así como vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideran de relevancia e interés. Como en los Escenarios anteriores, todo el material estará con antelación a disposición de los estudiantes a través del Campus Virtual para su utilización.
 - Los medios telemáticos utilizados serán las plataformas ya mencionadas en el Escenario 2: Collaborate disponible en el CV, Google Meet, Microsoft Teams o Zoom.
- **Prácticas de laboratorio** que se desarrollarán como en el Escenario 2, pero el procedimiento experimental presencial será reemplazado por distintas posibles alternativas: material escrito a modo de tutorial donde se describa detalladamente el procedimiento, grabaciones previas de los experimentos y videos de experiencias similares que garanticen la adquisición de las habilidades y competencias que se pretende.
- **Las tutorías individuales** se realizarán como en el Escenario 2.
- **Seguimiento del alumnado**
Se realizará igual que lo descrito en el Escenario 2 para la docencia virtual.

X.- EVALUACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN

- **Identificación de estudiantes:**

En los minutos anteriores al inicio del examen, los alumnos deberán entregar un documento de compromiso escrito a mano y digitalizado en formato PDF, aceptando las normas para la realización de la prueba. El texto del documento, elaborado por el Departamento, estará disponible en el espacio de la asignatura del Campus Virtual. En dicho documento se deberá hacer constar: nombre y apellidos, firma, lugar y copia del DNI. La identificación de los alumnos que realicen el examen se llevará a cabo a través de: (i) entrada al Campus Virtual para poder visualizar los enunciados del examen, (ii) imagen de video a través de Google Meet o Collaborate (desde la cámara del ordenador o del móvil), (iii) documento de compromiso, y (iv) posible comprobación telemática a lo largo del examen por parte del profesor.



- **Tipo de examen:**

El examen se diseñará en el Campus Virtual (Moodle) a través de la herramienta de Tareas. Estará dividido en bloques, especificándose con antelación suficiente a los alumnos los detalles del mismo.

- **Seguimiento de estudiantes durante la prueba:**

Durante la realización de la prueba, los alumnos deberán tener conectada una cámara (del ordenador o del móvil) que haga posible la comprobación por parte del profesor del cumplimiento del compromiso firmado por el alumno para realizar el examen de forma individual y con los medios indicados.

- **Revisión de exámenes:**

Los estudiantes que deseen revisión se pondrán en contacto con los profesores de su grupo mediante correo electrónico y se establecerá el horario de revisión individual mediante Collaborate/Google Meet. El estudiante conservará copia de los ficheros PDF enviados como respuesta del examen para facilitar la revisión. Por otra parte, el profesor podrá requerir del alumno la revisión y discusión interactiva de su examen dentro del plazo que se establezca para la revisión de los mismos que se notificará en el CV.

- **Mecanismo empleado para la documentación/grabación de las pruebas de evaluación para su posterior visualización y evidencia:**

El profesor conservará los ficheros (en el formato electrónico que se especifique) del ejercicio de examen enviados por el estudiante, con las calificaciones parciales que estime oportunas. Además, si se estima oportuno, se podrá proceder a la grabación de la sesión del examen, con las limitaciones establecidas por la UCM, para posterior revisión si fuera necesario. Dicha grabación, de efectuarse, se almacenará con las medidas de seguridad necesarias en equipos de UCM y será eliminada pasado el tiempo de revisión.