Guía Docente:

QUÍMICA FÍSICA APLICADA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2022-2023

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA: Química Física Aplicada
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 Seminario Tutoría	**Profesor:** ALBERTINA CABAÑAS PÓVEDA **Departamento:** Química Física **Despacho:** QA-276 **e-mail:** a.cabanas@quim.ucm.es
Coordinador del Laboratorio	**Profesor:** RAMÓN GONZÁLEZ RUBIO **Departamento:** Química Física **Despacho:** QA-212A **e-mail:** rgrubio@quim.ucm.es

Laboratorio QA238					
Grupo	**Cuatri.**	**Profesor/a**	**Correo**	**Despacho**	**Depar.**
A1	2º	Mónica Muñoz Úbeda	monicamubeda@quim.ucm.es	QA-264	QF
A2	2º	Álvaro Fernández Lobato	a.lobato@ucm.es	QA-274	QF
A3	2º	Sebastián Thompson	sthompson@ucm.es	QA-274B	QF
A4	2º	Vanessa Manzaneda González	vanesman@ucm.es	QA-247C	QF

II.- OBJETIVOS

■ OBJETIVO GENERAL

El alumno adquirirá los conceptos necesarios para entender y cuantificar sistemas, fenómenos y técnicas químicas de especial relevancia tecnológica, como son:

– Mezclas y disoluciones.
– Materiales poliméricos.
– Sistemas coloidales y supramoleculares.
– Catalizadores heterogéneos.

– Corrosión, conversión de energía electroquímica y fenómenos electrocinéticos,

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 las condiciones termodinámicas que determinan el equilibrio de fases.
- Entender el concepto de punto crítico e introducir al alumno en el uso de fluidos supercríticos como medios de extracción y reacción.
- Conocer las implicaciones tecnológicas de la aparición de fases metaestables.
- Familiarizar al alumno con las propiedades, transiciones de fase, técnicas de caracterización y aplicaciones de loa materiales poliméricos.
- Entender las interacciones entre partículas y los mecanismos de autoasociación.
- Conocer los principios básicos y las aplicaciones de la química supramolecular.
- Familiarizarse con las estructuras de superficies sólidas, los mecanismos generales de catálisis heterogénea y sus principales aplicaciones industriales y de interés medioambiental.
- Introducir las aplicaciones de la electroquímica al tratamiento de materiales y a la generación de energía limpia.
- Familiarizarse con las principales aplicaciones basadas en fenómenos electrocinéticos.
- Conocer los principios de la Química Sostenible y ser capaz de relacionarlos con los restantes contenidos del curso.

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:

Mezclas y disoluciones. Estados supercríticos. Estados metaestables y fenómenos de nucleación. Aplicaciones industriales. Polímeros. Propiedades mecánicas y eléctricas. Transición vítrea. Química coloidal y supramolecular. Utilización industrial y aplicaciones tecnológicas de polímeros y sistemas supramoleculares. Catálisis heterogénea. Mecanismos, tipos y caracterización de catalizadores heterogéneos. Procesos industriales y aspectos medioambientales. Electroquímica. Corrosión.

Recubrimientos. Síntesis electroquímica. Pilas de combustible. Fenómenos electrocinéticos. Química Sostenible.

PROGRAMA:

TEMA I: EQUILIBRIO DE FASES

- **Lección 1:** Condiciones de equilibrio y espontaneidad. Metaestabilidad. Nucleación.
- **Lección 2:** Equilibrio de fases en sistemas reales. Punto crítico. Equilibrios: líquido-vapor (LV), líquido-líquido (LL), sólido-líquido (SL), equilibrios de tres fases. Diagramas de fases a alta presión.
- **Lección 3:** Fugacidad y actividad en gases y líquidos. Modelos de coeficientes de actividad. Ecuaciones de estado.
- **Lección 4:** Cálculo del equilibrio de fases. Equilibrio líquido-vapor a baja presión. Equilibrio líquido-vapor a media y alta presión. Equilibrio sólido-fluido.
- **Lección 5:** Propiedades y Aplicaciones de los Fluidos Supercríticos. Extracción Supercrítica. Separación, reacción y preparación de materiales. Procesos Industriales. Otros disolventes sostenibles: líquidos iónicos y mezclas eutécticas profundas.

Tutoría dirigida I: *Diagramas de fases en sistemas multicomponentes.*

Seminario I: *Principios de la Química Sostenible*

Laboratorio 1: *Cálculo de equilibrio de fases a alta presión con ecuaciones de estado.*

TEMA II: MATERIALES POLIMÉRICOS

- **Lección 6:** Tipos de materiales poliméricos y sus aplicaciones. Termoplásticos, termoestables, elastómeros, fibras, materiales compuestos.
- **Lección 7:** Estado cristalino y amorfo en polímeros. Transiciones térmicas en polímeros: fusión y transición vítrea. Termodinámica y cinética de las transiciones. Factores que afectan a la cristalinidad. Factores que afectan la transición vítrea.
- **Lección 8:** Comportamiento mecánico de materiales poliméricos. Módulos elásticos. Curvas tensión-deformación. Viscoelasticidad. Elastómeros.
- **Lección 9:** Comportamiento eléctrico de materiales poliméricos. Aplicaciones en la industria opto-electrónica. Proceso litográfico. Polímeros conductores.
- **Lección 10:** Análisis del ciclo de vida de los plásticos. Degradación y estabilidad de plásticos. Reciclado químico y mecánico. Bioplásticos. Microplásticos.

Tutoría dirigida II: *Estudio por calorimetría diferencial de barrido (DSC) de transiciones en polímeros.*

Tutoría dirigida III: *Relación composición-estructura-propiedades en materiales poliméricos: implicaciones tecnológicas.*

TEMA III: QUÍMICA COLOIDAL Y SUPRAMOLECULAR

- **Lección 11:** Fuerzas entre partículas: fuerzas de van der Waals, fuerzas eléctricas de la doble capa, interacciones hidrofóbicas, fuerzas estéricas. Estabilidad coloidal: Teoría DLVO.
- **Lección 12**: Coloides: conceptos básicos. Tipos de sistemas coloidales. Coloides de asociación: micelas esféricas, cilíndricas, bicapas, vesículas, estructuras bicontinuas. Emulsiones. Monocapas de Gibbs y Langmuir.
- **Lección 13:** Auto-organización. Química supramolecular. Auto-ensamblaje estático y dinámico.
- **Lección 14:** Nanopartículas: Métodos de síntesis.

Seminario II: Aplicaciones tecnológicas de sistemas coloidales: polimerización en emulsión, liposomas y encapsulación de fármacos, industria alimentaria, detergencia y cosmética, sensores,…

Laboratorio 2: *Síntesis y caracterización de nanopartículas.*

Laboratorio 3: *Caracterización espectroscópica de fluidos y sistemas poliméricos, coloidales y supramoleculares.*

TEMA IV: CATÁLISIS HETEROGÉNEA

- **Lección 15:** Estructura de superficies sólidas. Isotermas de quimisorción. Mecanismos generales de catálisis.
- **Lección 16:** Aplicación de los modelos cinéticos en catálisis heterogénea: Langmuir-Hinselwod y Eley-Rideal. Promotores e inhibidores.
- **Lección 17:** Diseño y síntesis de catalizadores.
- **Lección 18:** La catálisis, uno de los principios de la Química Sostenible. Procesos catalíticos de interés industrial y medioambiental. Craqueo y reformado del petróleo. Biorrefinería sostenible. Catalizador de tres vías en automóviles. Síntesis de amoniaco.

Seminario III: *Técnicas de caracterización de superficial.*

TEMA V: ELECTROQUÍMICA

- **Lección 19:** Aspectos termodinámicos, cinéticos y de transporte en electroquímica. Fenómenos electrocinéticos y aplicaciones.
- **Lección 20:** Electrosíntesis. Proceso cloro-sosa, extracción de metales, generación de H_2 por electrolisis, síntesis del adiponitrilo.
- **Lección 21:** Electroquímica de superficies. Corrosión, pasivación, métodos de protección superficial. Electrodeposición.
- **Lección 22:** Conversión de energía electroquímica: Baterías, pilas de combustible, condensadores.

Seminario IV: Fundamentos de los sensores electroanalíticos y biosensores. Monitorización de procesos y química sostenible. Potenciales de membrana en biología.

Laboratorio 4: *Curva de polarización de una pila de combustible de metanol directo*.

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 interdisciplinarmente.
- **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.
- **CG13-MA1:** Desarrollar buenas prácticas científicas de medida y experimentación.

ESPECÍFICAS:

Además de las competencias generales y transversales del módulo, las competencias específicas del título CE11, CE12 y CE13 se desarrollan, para esta materia, en las siguientes Competencias específicas del módulo avanzado de la materia Química Física Avanzada (CE-MAQF):

.

- **CE11-MAQF2:** Explicar y cuantificar sistemas, fenómenos y técnicas químicas de especial relevancia tecnológica tanto en sus propiedades de equilibrio como de transporte.
- **CE11-MAQF3:** Describir sistemas coloidales y supramoleculares.
- **CE12-MAQF2:** Manejar programas informáticos, tanto comerciales como de acceso libre, para la modelización y simulación de moléculas y sistemas químicos.
- **CE13-MAQF1:** Reconocer y aplicar materiales poliméricos en aplicaciones tecnológicas e industriales.
- **CE13-MAQF2:** Formular y utilizar los conceptos de catálisis heterogénea, su uso industrial e implicaciones medioambientales.
- **CE13-MAQF3:** Describir y explicar los fenómenos electrocinéticos, de corrosión y protección superficial, y la síntesis electroquímica.

■ 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:** Trabajar 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:** Consultar, utilizar y analizar cualquier fuente bibliográfica.
- **CT5-MA2:** Manejar bibliografía y bases de datos especializadas, y de recursos accesibles a través de Internet.
- **CT7-MA1:** Usar programas informáticos que sirvan, en el mundo de la Química, para calcular, diseñar, simular, aproximar y predecir.
- **CT8-MA1:** Comunicarse en español utilizando los medios audiovisuales más habituales.
- **CT11-MA1:** Desarrollar trabajo autónomo.
- **CT12-MA1:** Desarrollar sensibilidad hacia temas medioambientales y preservación del medioambiente.

VI.- RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Una vez superada esta asignatura el alumno deberá ser capaz de:

TEMA I

1. Explicar los diagramas de fases de mezclas binarias y ternarias y los distintos cambios de fases.
2. A partir de los diagramas de fases de mezclas ser capaces de proponer procesos de separación.
3. Reconocer la implicación tecnológica de los fenómenos de nucleación en procesos de separación.
4. Conocer las aplicaciones de los fluidos supercríticos como disolventes sostenibles en procesos de extracción, reacción y preparación de materiales, insistiendo en las aplicaciones industriales de los mismos.
5. Comparar críticamente procesos en los que se utilizan fluidos supercríticos con otros procesos convencionales y valorar las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.
6. Conocer los distintos modelos termodinámicos y los sistemas en los que se aplican en función de las características del sistema.
7. Calcular las propiedades termodinámicas de sustancias puras y mezclas y predecir diagramas de fases utilizando ecuaciones de estado sencillas.
8. Conocer las aplicaciones de líquidos iónicos y disolventes eutécticos profundos en catálisis, separación, preparación de fármacos o captura de CO_2.

TEMA II

9. Clasificar los diferentes tipos de materiales poliméricos en función de su estructura y propiedades
10. Explicar la importancia tecnológica de los distintos tipos polímeros.
11. Identificar las distintas transiciones térmicas en polímeros.
12. Interpretar curvas de DSC de polímeros.
13. Extraer información termodinámica sobre las transiciones de fases a partir de curvas de DSC.
14. Diferenciar los distintos tipos de polímeros a partir de sus curvas de tensión-deformación.
15. Conocer las propiedades eléctricas y ópticas de los materiales poliméricos y relacionarlas con de su estructura.
16. Conocer los principales métodos de reciclado tanto físico como químico.
17. Aplicar los principios de la Química Sostenible a la hora de seleccionar materiales poliméricos para distintas aplicaciones considerando además de las propiedades físicas del material el ciclo de vida del polímero.

TEMA III

18. Identificar las fuerzas entre partículas en sistemas coloidales
19. Describir la estructura de las interfases electrificadas.
20. Aplicar conocimientos de termodinámica para describir las distintas estructuras autoorganizadas.
21. Explicar las variaciones de la concentración micelar crítica con las características del anfifilo y medio dispersante.
22. Predecir la estabilidad coloidal frente a distintas perturbaciones del sistema.
23. Reconocer la importancia de los sistemas coloidales en la vida.
24. Explicar la importancia de las interacciones no-covalentes en los fenómenos de reconocimiento molecular.
25. Decidir entre distintos métodos de síntesis de nanopartículas considerando además de las propiedades de estas, criterios de sostenibilidad.
26. Aplicar técnicas de caracterización espectroscópica a los sistemas coloidales.
27. Reconocer la importancia de los sistemas coloidales en la tecnología.

TEMA IV

28. Describir la estructura de las superficies sólidas.
29. Proponer las técnicas más adecuadas para caracterizar distintos catalizadores heterogéneos.
30. Proponer el posible mecanismo de reacción catalítico a partir de datos cinéticos.
31. Decidir qué modelo de isotermas de quimisorción describe mejor un conjunto de datos experimentales.
32. Diseñar estrategias para la síntesis de catalizadores en función de las propiedades del catalizador que se desean.
33. Describir los mecanismos de reacción catalítica de procesos industriales de interés y los catalizadores que se utilizan.
34. Comparar procesos catalíticos y no catalíticos y cuantificar con parámetros como la economía atómica y el E-factor la sostenibilidad de los mismos.

35. Comparar desde el punto de vista de la Química Sostenible los distintos métodos de preparación de catalizadores.

TEMA V

36. Aplicar la electroquímica a problemas de síntesis y electro-catálisis.
37. Describir los procesos industriales de electrosíntesis.
38. Explicar los fenómenos de corrosión y pasivación superficiales.
39. Decidir el mejor método de protección superficial para cada sistema.
40. Describir los procesos de tratamiento superficial por métodos electroquímicos.
41. Distinguir entre los distintos tipos de baterías, supercondensadores y las células de combustible.
42. Reconocer la importancia de la electroquímica en los sistemas biológicos

VII. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	30	55	3,4
Seminarios	7,5	17,5	1,0
Tutorías / Trabajos dirigidos	3	4,5	0,3
Prácticas de laboratorio	12	9	0,84
Preparación de trabajos y exámenes	5	6,5	0,46
Total	**57,5**	**92,5**	**6**

VIII.- METODOLOGÍA

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. Esta metodología se desarrollará a través de clases de teoría, de seminarios y de tutorías programadas.

Las actividades formativas para la adquisición de competencias en "Química Física Aplicada" constan de clases teóricas (3,4 créditos), clases de seminarios (1 crédito), elaboración y presentación de trabajos y/o tutorías dirigidas (0,3 créditos) y laboratorio (0,84 créditos). Para potenciar el trabajo autónomo se evaluará la presentación de trabajos relacionados con contenidos avanzados y aplicaciones de los contenidos de la asignatura. Las prácticas de laboratorio tendrán contenidos directamente relacionados con los de las clases de teoría. La preparación y exposición de trabajos y realización de exámenes supondrán un total de 0,46 créditos.

Durante las sesiones teóricas se expondrán claramente los objetivos principales del tema, se enseñará el contenido y se pondrán a disposición de los alumnos en el Campus Virtual todos aquellos materiales necesarios para su comprensión. Siempre que sea posible se

invitará a especialista en el tema para cubrir los aspectos más avanzados de la asignatura. En las tutorías programadas se plantearán a los alumnos cuestiones para resolver o discutir, individualmente o en grupo.

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

Las denominadas **clases presenciales de teoría** 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 ejemplos ilustrativos de 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 en el Campus Virtual.

En las **clases presenciales de seminarios** se plantearán cuestiones relacionadas con los contenidos desarrollados en las clases presenciales de teoría. Se debatirá el procedimiento seguido para resolverlas, el resultado obtenido y su significado.

Las clases de teoría y seminario y el trabajo que conllevan desarrollan las competencias generales CG2-MA1, CG2-MA2, 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, CE11-MAQF2, CE11-MAQF3, CE12-MAQF2, CE13-MAQF1, CE13-MAQF2 y CE13-MAQF3 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 dirigidas,** 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 para el químico. Como complemento al trabajo personal realizado por el alumno, y para potenciar el desarrollo del trabajo en grupo, se propondrá la **elaboración, presentación y defensa 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 podrá programar **tutorías** adicionales 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 y que permiten mostrar tanto al profesor como al alumno qué conceptos necesitan de un mayor trabajo para su aprendizaje.

Se realizará un laboratorio a largo del curso con temáticas directamente relacionadas con los contenidos de la asignatura. Este laboratorio constará tanto de prácticas experimentales, donde se desarrollen específicamente la competencia general CG13-MA1, como de prácticas de cálculo y de utilización de herramientas teóricas o de simulación computacional en las que se desarrollarán las competencias específicas (CE11-MAQF1, CE11-MAQF2, CE11-MAQF3, CE12-MAQF2, CE13-MAQF1, CE13-MAQF2 y CE13-MAQF3). En algunas prácticas se plantearán problemas que requieran la utilización simultánea de los conocimientos teóricos adquiridos y las herramientas experimentales y de cálculo disponibles en el laboratorio. Finalmente, el alumno presentará informes científicos individuales y/o en grupo de algunas de las prácticas realizadas (CT1-MA1, CT5-MA1, CT7-MA1).

IX.- BIBLIOGRAFÍA

REVISAR

BÁSICA:

- Bertrán Rusca, J. y Núñez Delgado, J. (coord.), "*Química Física"*, Volúmenes I y II., Ariel Ciencia, 2002.
- Freire Gómez, Juan José; Esteban Pacios, M. I.; García Baonza, V.; Ortega Gómez, F.; Monroy Muñoz, F. "*Química Física IV. Materia condensada*", UNED, 2017.
- Atkins, P. y de Paula J., "*Química Física"*, 8ª Edición, Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, 2008.

COMPLEMENTARIA:

- Prausnitz, J.M.; Lichtenthaler, R.N. y Gomes de Azevedo, E., "*Termodinámica Molecular de los Equilibrios de Fase"*, 3ª Ed., Prentice Hall, 2001.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C. *"Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química",* 4ª Ed.., McGraw-Hill, México, 1988
- Walas S., *"Phase Equilibria in Chemical Engineering",* Butterworth, Stoneham 1985.
- Brunner, G., "*Supercritical Fluids as Solvents and Reaction Media"*, Elsevier, Amsterdam, 2004.

- Türk M., *"Particle Formation with Supercritical Fluids Challenges and Limitations*", Supercritical Fluid Science and Technology, Elsevier, Amsterdam 2014.
- Cowie, J.M.G., *"Polymers: Chemistry & Physics of Modern Materials"*, 2nd Ed., Stanley Thornes Pub., Cheltenham (U.K.), 1991.
- Areizaga J.,Cortázar M.M., Elorza J.M., Iruin J.J., "*Polímeros*", Síntesis S.A., 2002
- Fennell Evans, D. y Wennerstrom, H., *"The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry, Biology and Technology Meet"*, 2nd Ed., Wiley-VCH, New York, 1999.
- Cosgrove T. (Editor), *"Colloid Science: Principles, Methods and Applications"*, 2nd Ed. Wiley, 2010.
- Bowker, M., *"The Basics and Applications of Heterogeneous Catalysis"*, Oxford Chemistry Primers, 1998.
- Sheldon R.A., Arends I.W.C.E., Hanefeld U., "*Green Chemistry and Catalysis*", Wiley- VC, Weinheim, 2007
- Brett, C.M.A. y Brett A.M.O., *"Electrochemistry: Principles, Methods, and Applications"*, Oxford Sci. Pub., Oxford, 2005.
- Hamann C.H., Hamnett A. y Vielstich W., "Electrochemistry", Wiley-VCH, 2nd, Ed., 2007
- Anastas P.T. and Warner J.C., *"Green Chemistry. Theory and Practice"*, Oxford University press, Oxford, 1998.
- R. Mestres, *"Química Sostenible"*, Ed. Síntesis, Madrid, 2011.

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:** **50%**

Convocatoria ordinaria: se realizará un examen final. Adicionalmente podrán realizarse exámenes parciales a lo largo del curso para evaluar los resultados del aprendizaje. Los alumnos que superen los exámenes parciales no estarán obligados a presentarse al examen final, aunque la compensación entre exámenes parciales requerirá una nota mínima de 4 sobre 10. En cualquier caso, la nota mínima del examen escrito para poder superar la asignatura es de 4 sobre 10. Los exámenes constarán de preguntas y/o cuestiones sobre los contenidos impartidos durante el curso, tanto en las clases teóricas y seminarios como en tutorías dirigidas y laboratorios. En la convocatoria extraordinaria se realizará un único examen final semejante al realizado en la convocatoria ordinaria.

Competencias evaluadas: CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT7-MA1, CT8-MA1, CT12-MA1,CE11-MAQF2, CE11-MAQF3, CE12-MAQF2, CE13-MAQF1, CE13-MAQF2, CE13-MAQF3.

■ TRABAJO PERSONAL: 30%

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

- Valoración del trabajo realizado durante las tutorías en grupo programadas, de asistencia obligatoria
- Valoración de los trabajos propuestos y realizados individualmente o en grupo por los alumnos.

La calificación obtenida por el alumno en la convocatoria ordinaria por este concepto se mantendrá en la convocatoria extraordinaria.

Competencias evaluadas: CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT7-MA1, CT8-MA1, CT12-MA1,CE11-MAQF2, CE11-MAQF3, CE12-MAQF2, CE13-MAQF1, CE13-MAQF2, CE13-MAQF3.

■ LABORATORIO: 20%

Los alumnos desarrollarán en grupos reducidos a lo largo del curso como actividad dirigida una serie de prácticas de laboratorio, tanto de carácter experimental como de cálculo y de utilización de herramientas teóricas o de simulación computacional, siendo la asistencia a todas las sesiones de prácticas **obligatoria**. Se valorará la obtención por el alumno de habilidades teórico-prácticas, así como la destreza en la utilización de los equipos experimentales y en el manejo de paquetes informáticos de tratamiento de datos y de predicción de propiedades termodinámicas. Para algunas de las prácticas los alumnos deberán realizar un informe científico, individualmente o en grupo, que será objeto de evaluación. Será necesario obtener una nota mínima de 5 sobre 10 en el laboratorio para promediar con las distintas actividades.

La calificación obtenida por el alumno en la convocatoria ordinaria por este concepto se mantendrá en la convocatoria extraordinaria. En aquellos casos en que un alumno suspenda la asignatura, pero haya superado las actividades presenciales del laboratorio, la nota de éstas se le mantendrá durante el siguiente curso académico, pudiendo hacerse, sin embargo, un examen escrito u oral sobre la metodología de las prácticas.

Competencias evaluadas: CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT7-MA1, CT8-MA1, CT12-MA1,CE11-MAQF2, CE11-MAQF3, CE12-MAQF2, CE13-MAQF1, CE13-MAQF2, CE13-MAQF3

■ 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. Equilibrio de fases. Aplicaciones de los fluidos supercríticos y ~~líquidos iónicos~~ otros disolventes sostenibles	Clases Teoría	6	1	1ª Semana	3ª Semana
	Clases Problemas	1,5	1		
	Tutoría programada*	2	1		
	Laboratorio	3	4		
II. Materiales poliméricos y sus aplicaciones	Clases Teoría	6	1	4ª Semana	7ª Semana
	Clases Problemas	1,0	1		
	Tutoría programada*	2	1		
	Laboratorio	3	4		
III. Química coloidal y supramolecular	Clases Teoría	5	1	8ª Semana	~~9ª~~ 10ª Semana
	Clases Problemas	1,0	1		
	Tutoría programada*	1	-		
	Laboratorio	3	4		
IV. Catálisis heterogénea	Clases Teoría	5	1	11ª Semana	13ª Semana
	Clases Problemas	1,0	1		
	Tutoría programada*	1	1		
	Laboratorio	-	-		
V. Electroquímica aplicada	Clases Teoría	5	1	14ª Semana	15ª Semana
	Clases Problemas	1,0	1		
	Tutoría programada*	1	-		
	Laboratorio	3	4		

*La programación de las tutorías depende de la planificación global de todas las asignaturas del curso.

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, CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT7-MA1, CT8-MA1, CT11-MA1, CT12-MA1, CE11-MAQF2, CT11-MA1, CE11-MAQF3, CE12-MAQF2, CE13-MAQF1, CE13-MAQF2, CE13-MAQF3	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.	30	55	85	30%
Seminarios		Aplicación de la teoría a la resolución de problemas. Planteamiento de nuevas cuestiones.	Resolución de los ejercicios numéricos, problemas y cuestiones. Formulación de preguntas y dudas.	Calificación de las respuestas (planteamiento y resultado) realizadas para la resolución de ejercicios numéricos y problemas.	7,5	17,5	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				
Tutorías dirigidas		Propuesta y valoración crítica de trabajos. Exposición y planteamiento de nuevos objetivos.	Cooperación con los compañeros en la elaboración de trabajos. Análisis crítico de los trabajos de otros grupos. Presentación oral y discusión del trabajo. Formulación de preguntas y dudas.	Valoración del trabajo, de los análisis realizados y de la presentación.	3	4,5	7,5	

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Laboratorio	CG1-MA1, CG2-MA1, CG2-MA2, CG3-MA1, CG4-MA1, CG7-MA1, CG8-MA1, CT1-MA1, CT2-MA1, CT3-MA1, CT4-MA1, CT5-MA1, CT7-MA1, CT8-MA1, CT12-MA1,CE11-MAQF2, CE11-MAQF3, CE12-MAQF2, CE13-MAQF1, CE13-MAQF2, CE13-MAQF3	Aplicación de los contenidos teóricos a problemas prácticos. Desarrollo de habilidades experimentales y de cálculo numérico. Obtención y tratamiento de datos experimentales. Herramientas de modelización molecular.	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.	12	9	21	20%
Exámenes		Propuesta, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno.	Preparación y realización.	Corrección y valoración de los exámenes.	5	6,5	11,5	50%
P: Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación								