

<b>PROYECTO DOCENTE</b>	<b>M9 Nanomagnetismo y espintrónica molecular.</b>
<b>COURSE PROJECT</b>	<b>M9 Molecular nanomagnetism and spintronics.</b>
<b>PROJECT DOCENT</b>	<b>M9 Nanomagnetisme i espintrònica molecular.</b>

### 1.- FICHA IDENTIFICATIVA / COURSE DATA/ FITXA IDENTIFICATIVA

#### Datos de la Asignatura / Data Subject/ Dades de l'assignatura

<b>Código UV/Código UVA</b>	44425 (UV)/ 54078 (UVA)
<b>ECTS</b>	4,5
<b>Curso académico/Academic year/ Curs acadèmic:</b>	2017-18

<b>Profesor/ Professor</b>	<b>Univ.</b>	<b>email</b>	<b>Lesson</b>
Camarero, Julio	Autónoma de Madrid	julio.camarero@uam.es	
Coronado, Eugenio	Valencia	eugenio.coronado@uv.es	

### 2.- RESUMEN / SUMMARY/ RESUM

Valencià
Es pretén introduir l'alumne en els avanços recents del nanomagnetisme molecular; en concret en la preparació de nanoestructures magnètiques basades en molècules, en la seua investigació amb tècniques físiques, i en el desenrotllament de les seues possibles aplicacions espintròniques.

Castellano
Se pretende introducir al alumno en los avances recientes del nanomagnetismo molecular; en concreto en la preparación de nanoestructuras magnéticas basadas en moléculas, en su investigación con técnicas físicas, y en el desarrollo de sus posibles aplicaciones espintrónicas.

English
The general aim of the course is to provide the students with a coherent and modern education of a wide range of fundamental, methodological and technological aspects on nanomagnetism and molecular spintronics.

### 3.- CONOCIMIENTOS PREVIOS / PREVIOUS KNOWLEDGE/ CONEIXEMENTS PREVIS

#### Relación con otras asignaturas de la misma titulación

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

#### Relationship to other subjects of the same degree

There are no specified enrollment restrictions with other subjects of the curriculum.

#### Relació amb altres assignatures de la mateixa titulació

No heu especificat les restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis



**4.- COMPETENCIAS / OUTCOMES/ COMPETÈNCIES**

<b>Cód</b>	<b>Competencia</b>	<b>Outcome</b>	<b>Competència</b>
<b>CB07</b>	Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.	Students can apply the knowledge acquired and their ability to solve problems in new or unfamiliar environments within broader (or multidisciplinary) contexts related to their field of study.	Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seua capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seua àrea d'estudi
<b>CB08</b>	Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.	Students are able to integrate knowledge and handle the complexity of formulating judgments based on information that, while being incomplete or limited, includes reflection on social and ethical responsibilities linked to the application of their knowledge and judgments.	Que els estudiants siguen capaços d'integrar coneixements i afrontar la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, sent incompleta o limitada, incloga reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.
<b>CB10</b>	Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.	Students have the learning skills that will allow them to continue studying in a way that will be largely self-directed or autonomous.	Que els estudiants posseïsquen les habilitats d'aprenentatge que els permeten continuar estudiant d'una forma que haurà de ser en gran manera autodirigida o autònoma.
<b>CB6</b>	Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.	Students have the knowledge and understanding that provide a basis or an opportunity for originality in developing and/or applying ideas, often within a research context.	Posseir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i / o aplicació d'idees, sovint en un context de recerca
<b>CE01</b>	Que los estudiantes hayan adquirido los conocimientos y habilidades necesarias para seguir futuros estudios de doctorado en Nanociencia y Nanotecnología.	To possess the necessary knowledge and abilities to continue with future studies in the PhD program in Nanoscience and Nanotechnology.	Que els estudiants hagen adquirit els coneixements i habilitats necessàries per a seguir futurs estudis de doctorat en Nanociencia i Nanotecnologia.
<b>CE02</b>	Que los estudiantes de un área de conocimiento (p.e. física) sean capaces de comunicarse e interactuar científicamente con colegas de otras áreas de conocimiento (p.e. química en la resolución de problemas	For students from field of knowledge (e.g. chemistry) to be able to scientifically communicate and interact with colleagues from another field (e.g. physics) in the resolution of problems laid out by the Molecular	Que els estudiants d'una àrea de coneixement (p.e. física) siguen capaços de comunicar-se i interactuar científicament amb col·legues d'altres àrees de coneixement (p.e. química en la resolució de problemes plantejats per

	planteados por la Nanociencia y la Nanotecnología Molecular.	Nanoscience and Nanotechnology.	la Nanociencia i la Nanotecnologia Molecular
<b>CE07</b>	Adquirir los conocimientos básicos en los fundamentos, el uso y las aplicaciones de las técnicas microscópicas y espectroscópicas utilizadas en nanotecnología.	To acquire the basics knowledge in fundamentals, use and applications of microscopic and spectroscopic techniques used in nanotechnology.	Adquirir els coneixements bàsics en els fonaments, l'ús i les aplicacions de les tècniques microscòpiques i espectroscòpiques utilitzades en nanotecnologia.
<b>CE11</b>	Evaluar las relaciones y diferencias entre las propiedades macroscópicas de los materiales y las propiedades de los sistemas unimoleculares y los nanomateriales.	To assess the relationships and differences between the materials macroscopic properties and those of unimolecular systems and nanomaterials.	Avaluar les relacions i diferències entre les propietats macroscòpiques dels materials i les propietats dels sistemes unimoleculares i els nanomaterials.
<b>CE12</b>	Evaluar la relevancia de las moléculas y de los materiales híbridos en electrónica, espintrónica y Nanomagnetismo molecular.	To assess the molecules and hybrid materials relevance in electronics, spintronics and molecular nanomagnetism.	Avaluar la rellevància de les molècules i dels materials híbrids en electrònica, espintrònica i Nanomagnetismo molecular.
<b>CE14</b>	Conocer las principales aplicaciones tecnológicas de los nanomateriales moleculares y ser capaz de situarlas en el contexto general de la Ciencia de Materiales.	To know the main molecular nanomaterials technological applications and to be able to put them in the Material Science general context.	Conèixer les principals aplicacions tecnològiques dels nanomateriales moleculares i ser capaç de situar-les en el context general de la Ciència de Materials.
<b>CE16</b>	Conocer las principales aplicaciones de las nanopartículas y de los materiales nanoestructurados - obtenidos o funcionalizados mediante una aproximación molecular- en magnetismo, electrónica molecular y biomedicina.	To know the main applications of nanoparticles and nanostructured materials –obtained or functionalised using a molecular approach- in magnetism, molecular electronics and biomedicine.	Conèixer les principals aplicacions de les nanopartículas i dels materials nanoestructurados - obtinguts o funcionalizados per mitjà d'una aproximació molecular- en magnetisme, electrònica molecular i biomedicina.

**5.- RESULTADOS DE APRENDIZAJE / LEARNING OUTCOMES/ RESULTATS DE L'APRENTATGE**

Valencià
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir uns coneixements bàsics i una visió de conjunt de les principals línies d'estudi i investigació dins de l'àrea del Nanomagnetisme, incloent propietats electròniques, magnètiques i de transport de sistemes magnètics de reduïda dimensionalitat i nanoestructures.</li> <li>• Conèixer les principals tècniques experimentals per a caracteritzar les propietats electròniques, magnètiques i de transport de nanoestructures. Saber utilitzar eines experimentals per a mesurar propietats magnètiques i de transport de nanoestructures magnètiques.</li> <li>• Conèixer i comprendre les propietats electròniques, magnètiques i de transport més rellevants dels materials magnètics a escala manomètrica i en nanoestructures.</li> <li>• Conèixer les múltiples aplicacions de les nanoestructures magnètiques, així com les tendències futures d'investigació dins de l'àrea del Nanomagnetisme.</li> </ul>

Castellano

- Adquirir unos conocimientos básicos y una visión de conjunto de las principales líneas de estudio e investigación dentro del área del Nanomagnetismo, incluyendo propiedades electrónicas, magnéticas y de transporte de sistemas magnéticos de reducida dimensionalidad y nanoestructuras.
- Conocer las principales técnicas experimentales para caracterizar las propiedades electrónicas, magnéticas y de transporte de nanoestructuras. Saber utilizar herramientas experimentales para medir propiedades magnéticas y de transporte de nanoestructuras magnéticas.
- Conocer y comprender las propiedades electrónicas, magnéticas y de transporte más relevantes de los materiales magnéticos a escala nanométrica y en nanoestructuras.
- Conocer las múltiples aplicaciones de las nanoestructuras magnéticas así como las tendencias futuras de investigación dentro del área del Nanomagnetismo

- English
- To acquire the basic knowledge as well as the overall view of the principal research lines of the Nanomagnetism area, including electronic, magnetic and transport properties of low dimensional magnetic systems and nanostructures.
  - To know the main experimental technologies (skills) to characterize electronic, magnetic properties and of transport of nanoestructuras. To be able to use experimental tools for measuring magnetic and transport properties of magnetic nanostructures.
  - To know and to understand the most relevant magnetic, electronic and transport properties in magnetic materials at the nanoscale and in nanostructures.
  - To know the multiple applications of the magnetic nanostructures as well as the future trends of research within the Nanomagnetism area.

**6.- DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS / DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS**

<b>Número de orden:</b>	1
<b>Nombre de la U.T. (Castellano):</b>	
<b>U.T. Name (English):</b>	
<b>Nom de la U.T. (valencià)</b>	
<b>Descripción de contenidos (Valencià):</b>	
<p>1. <i>Conceptes bàsics de Nanomagnetismo.</i> Influència d'interfases artificials, efectes de proximitat i dimensionalitat. Textures magnètiques (dominis magnètics, vòrtexs magnètics, skyrmions)</p> <p>2. <i>Propietats i escales magnètiques.</i> Processos d'inversió d'imantació, efectes de grandària i processos dinàmics. Espintrònica (<i>spin valves</i>, MTJ, <i>spin torque effect</i>), orbitrònica (<i>spin Hall effect</i>, Inverse SHE)</p> <p>3. <i>Tècniques experimentals de caracterització</i> de propietats electròniques, magnètiques i de transport de nanoestructures.</p> <p>4. <i>Models teòrics</i> fonamentals per a abordar l'estudi del magnetisme i fenòmens relacionats a</p>	



escala nanoscòpica.

5. *Desenvolupaments recents i tendències futures* d'investigació en Nanomagnetisme Molecular (molècules magnètiques, imants unimoleculars, ...).
6. *Espintrònica basada en materials moleculars (espintrònica orgànica)*: Fabricació de vàlvules de porc Espí moleculars i enginyeria d'interfases. Fabricació de dispositius multifuncionals.
7. *Nanoespintrònica molecular* (dispositius unimoleculars; Computació quàntica amb qubits magnètics basats en molècules).

**Descripción de contenidos (Castellano):**

1. *Conceptos básicos de Nanomagnetismo*. Influencia de interfases artificiales, efectos de proximidad y dimensionalidad. Texturas magnéticas (dominios magnéticos, vórtices magnéticos, skyrmions)
2. *Propiedades y escalas magnéticas*. Procesos de inversión de imanación, efectos de tamaño y procesos dinámicos. Espintrónica (spin valves, MTJ, spin torque effect), orbitrónica (spin Hall effect, Inverse SHE)
3. *Técnicas experimentales de caracterización* de propiedades electrónicas, magnéticas y de transporte de nanoestructuras.
4. *Modelos teóricos* fundamentales para abordar el estudio del magnetismo y fenómenos relacionados a escala nanoscòpica.
5. *Desarrollos recientes y tendencias futuras de investigación* en Nanomagnetismo Molecular (molècules magnètiques, imanes unimoleculars, ...).
6. *Espintrònica basada en materiales moleculares (espintrònica orgànica)*: Fabricación de vàlvulas de espin moleculares e ingeniería de interfases. Fabricación de dispositivos multifuncionales.
7. *Nanoespintrònica Molecular* (dispositivos unimoleculars; *Computación cuántica* con qubits magnètics basados en molècules)

**Descripción de contenidos (English):**

1. *Nanomagnetism basic concepts*. Artificial interphases influence, proximity and dimensionality effects. Magnetic textures (magnetic domain, magnetic vortices, skyrmions)
2. *Magnetic properties and scales*. Magnetic inversion process, size effects and dynamic processes. Spintronics (spin valves, MTJ, spin torque effect), orbitronics (Spin Hall effect, Inverse SHE).
3. *Characterization experimental techniques* of electronic, magnetic and transport properties of nanostructures.
4. *Fundamental theoretical models* for magnetism and nanoscopic scale related phenomena study.
5. *Recent developments and future recent tendencies* in Molecular Nanomagnetism (magnetic molecules, single-molecule magnets,).
6. Spintronics based on molecular materials (organic spintronics): Molecular spin-valves fabrication and interphase engineering. Multifunctional devices fabrication.
7. Molecular Nanospintronics (single-molecule devices: quantum computing with magnetic qubits based on molecules).



**7.- VOLUMEN DE TRABAJO / WORKLOAD/ VOLUM DE TREBALL**

Actividad	Activity	Activitat	Horas/ Hours/ Hores
Presencial	In-person	Presencial	
Asistencia a clases de teoría	Evaluation and/or exam.	Clases de teoria	22,5
Seminarios teóricos/participativos.	Research work exposition and public defence.	Seminaris	7,6
Tutorías sobre las clases teóricas	Exams study and preparation.	Tutories sobre les classes teòriques.	6
Evaluación y/o examen	Teamwork preparation.	Avaluació i/o examen,	2
No presencial	Not in-person	No presencial	
Preparación y estudio clases teoría	Laboratory experimental work	Preparació i estudi classes de teoria.	18
Estudio y preparación de pruebas	Research work report elaboration.	Estudi i preparació de les proves.	56,5
Total presenciales	Total in-person	Total presencials	38
Total no presenciales	Total not in-person	Total no presencials	74,5
<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>112,5</b>

**8.- METODOLOGÍA DOCENTE / TEACHING METHODOLOGY / METODOLOGIA DOCENT**

METODOLOGÍAS DOCENTES	TEACHING METHODOLOGY	Methodologies docents
Clases teóricas lección magistral participativa	Theory classes, participatory lectures	Clases teòriques lliçó magistral participativa.
Discusión de artículos.	Articles discussion.	Discussió d'articles.
Debate o discusión dirigida.	Chaired debate or discussion.	Debat o discussió dirigida.
Discusión de casos prácticos o problemas en seminario.	Practical cases or seminar problems discussion.	Discussió de casos pràctics o problemes en seminari.
Seminarios.	Seminars.	Seminaris
Problemas.	Problems.	Problemes.
Prácticas y demostraciones de laboratorio y visitas a instalaciones.	Laboratory practices and demonstrations and visit to installations.	Pràctiques i demostracions de laboratori i visites a instal·lacions.
Conferencias de expertos.	Experts conferences.	Conferències d'experts.

**9.- EVALUACIÓN / EVALUATION/ AVALUACIÓ**

EVALUACIÓN	EVALUATION	AVALUACIÓ	
Examen escrito sobre contenidos básicos de la materia	Written exam about the subject basic contents	Examen escrit sobre continguts bàsics de la matèria.	70-90%
Resolución de cuestiones.	Questions answering	Resolució de qüestions.	10-20%
Asistencia y participación activa en los seminarios.	Attendance and active participation in seminars.	Assistència i participació activa en els seminaris.	0-10%

**10.- REFERENCIAS / REFERENCES/ REFERÈNCIES**



### 10.1 Básicas/Basic/ Bàsiques

- Micromachines & Nanotechnology: The Amazing New World of the Ultrasmall, David Darling, Silver Burdett Press, 1995.
- World Scientific Series in Nanoscience and Nanotechnology: Volume 3. Molecular Cluster Magnets Edited by: Richard Winpenny (The University of Manchester, UK) World Scientific, 2012.

### 10.2 Complementarias

Bibliografía:

- J. Stöhr and H.C. Siegmann, [Magnetism: From Fundamentals to Nanoscale Dynamics](#), Springer Series in solid-state sciences, Springer Berlin Heidelberg New York (2006). ISBN-13 978-3-540-30282-7
- World Scientific Series in Nanoscience & Nanotechnology: Vol. 3. [Molecular Cluster Magnets](#) Edited by: R. Winpenny (University of Manchester, UK) World Scientific, 2012. ISBN: 978-981-4464-02-4.

Monográficos.

- [Focus: Organic Spintronics](#), Nature Materials 8, No. 9 (September 2009).
- [Molecular vs inorganic spintronics: role of molecular materials and single molecules](#), Julio Camarero & Eugenio Coronado, J. Mater. Chem. Highlight 19, 1678 (2009).