



66102 - 3. Ensamblaje y fabricación de nanoestructuras

Guía docente para el curso 2012 - 2013

Curso: 1, Semestre: 0, Créditos: 8.0

Información básica

Profesores

- **Manuel Arruebo Gordo** arruebom@unizar.es
- **Joaquín Coronas Ceresuela** coronas@unizar.es
- **María Reyes Mallada Viana** rmallada@unizar.es
- **Luis Teodoro Oriol Langa** loriol@unizar.es
- **Milagros Piñol Lacambra** mpinol@unizar.es
- **Antonio Monzón Bescós** amonzon@unizar.es
- **Raquel Giménez Soro** rgimenez@unizar.es
- **Carlos Sánchez Somolinos** carloss@unizar.es
- **Francisco Balas Nieto** fbalas@unizar.es
- **María Pilar Lobera González** plobera@unizar.es
- **Victor Sebastián Cabeza** victorse@unizar.es
- **Oscar de La Iglesia Pedraza** oiglesia@unizar.es
- **Maria Teresa Sierra Tavieso** tsierra@unizar.es
- **Jaime Soler Herrero** jsoler@unizar.es
- **José Luis Hueso Martos** jlhueso@unizar.es
- **Gema Martínez Martínez** gemamar@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

El módulo *Ensamblaje y Fabricación de Nanoestructuras* es obligatorio y consta de 8 créditos ECTS o 200 horas de trabajo del estudiante. De estos 8 créditos, 6 son teóricos y 2 son créditos correspondientes a prácticas de laboratorio. Se imparte en el primer cuatrimestre del curso académico. Al igual que el resto de los módulos del máster la impartición y evaluación de este módulo será íntegramente en inglés.

El objetivo de este módulo es dar a conocer al estudiante las distintas técnicas de ensamblaje y fabricación de Nanoestructuras.

Tiene un carácter eminentemente orientado y práctico donde los estudiantes analizarán, discutirán y valorarán diferentes métodos de ensamblaje y fabricación de Nanoestructuras en los que las clases teóricas se verán acompañadas y complementadas por seis sesiones prácticas a través de las cuales podrán observar en primera línea de laboratorio las dificultades y las ventajas de diferentes métodos de preparación de estos materiales, teniendo acceso a equipamiento altamente especializado que podrán manejar, bajo supervisión del profesorado, dado el bajo número de estudiantes por grupo (3-4 alumnos).

Dado que toda la titulación se imparte en inglés, los estudiantes deberán tener un nivel medio-alto de este idioma, como mínimo un nivel B1 del Marco Común Europeo de Referencia de Lenguas pero preferiblemente, el nivel B2. El nivel B1 se adquiere cuando el estudiante es capaz de comprender los puntos principales de textos claros y en lengua estándar si tratan sobre cuestiones que le son conocidas, ya sea en situaciones de trabajo, de estudio o de ocio; cuando sabe desenvolverse en la mayor parte de las situaciones que pueden surgir durante un viaje por zonas donde se utiliza la lengua; cuando es capaz de producir textos sencillos y coherentes sobre temas que le son familiares o en los que tiene un interés personal y cuando puede describir experiencias, acontecimientos, deseos y aspiraciones, así como justificar brevemente sus opiniones o explicar sus planes. El nivel B2 se adquiere cuando el estudiante es capaz de entender las ideas principales de textos complejos que traten de temas tanto concretos como abstractos, incluso si son de carácter técnico siempre que estén dentro de su campo de especialización; cuando puede relacionarse con hablantes nativos con un grado suficiente de fluidez y naturalidad de modo que la comunicación se realice sin esfuerzo por parte de ninguno de los interlocutores y cuando puede producir textos claros y detallados sobre temas diversos así como defender un punto de vista sobre temas generales indicando los pros y los contras de las distintas opciones.

Puede obtenerse información adicional (becas, eventos, etc.) sobre este máster en la página web:
www.unizar.es/nanomat

=====

The "Assembly and Fabrication of Nanostructures" module is obligatory and counts for 8 ECTS credits or 200 student work hours. Of these 8 credits, 6 are for theory and 2 correspond to laboratory practicals. The course is given in the first term of the academic year. As with the other modules in this Master's, this module is taught and assessed completely in English.

The objective of this module is to show the student the various assembly and production methods for Nanostructures.

This is an eminently oriented and practical module where students analyse, debate and evaluate different nanostructure assembly and production methods. The theory classes are accompanied and complemented by six practicals through which the students can see up close in the laboratory the difficulties and advantages of the different preparation methods for these materials, with access to highly specialised equipment that they will be able to use - under supervision of the staff - as there will be so few people per group (3-4 students). As the whole course is taught in English, students need to have an upper-intermediate level in the language: minimum level B1 in the European Common Framework Language Reference, but preferably level B2. Level B1 is reached when the student is able to understand the main points of clear, standard-language texts when covering known matters - whether in terms of work, study or leisure; when able to cope in most situations which the student encounters during a trip to places where the language is spoken; when able to write simple, coherent texts on familiar topics or those in which the student has an interest; and when able to describe experiences, happenings, wishes and ambitions as well as briefly justify opinions or explain plans. B2 is achieved when the student is able to understand the main ideas of complex texts that deal with both specific and abstract topics, even if these are technical - though lying within the field of specialisation; when able to communicate with native speakers with the degree of fluency and ease such that the communication takes place without effort on either side; and when able to write clear, detailed texts on diverse subjects as well as defend a point of view on general topics - giving the pros and cons of the different options.

Additional information about this master (grants, events, etc.) can be found on the web site:
www.unizar.es/nanomat

Actividades y fechas clave de la asignatura

El inicio de las clases de este módulo se corresponderá con el fin del módulo 2 (alrededor de la segunda semana de diciembre) y se extenderá durante, aproximadamente, cinco semanas.

El horario de las clases y de las prácticas de laboratorio será en sesiones de tarde y el calendario de las mismas así como las fechas de examen se harán públicas antes del comienzo de cada curso académico en la página web del máster: (<https://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>)

=====

Classes for this module start at the end of module 2 (around the second week of November) and continue for about five weeks.

The classes and laboratory practicals are given in the afternoon and the calendar for these and the exam dates will be published prior to the beginning of each academic year in the web site of the Faculty of Science (<https://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>).

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Identificar claramente los diferentes tipos de nanoestructuras (0D, 1D, 2D y 3D) y los métodos químicos y físicos disponibles para su fabricación.

=====

Clearly identify the different nanostructure types (0D, 1D, 2D and 3D) and the chemical and physical methods available for their production.

- 2:** Reconocer las distintas arquitecturas supramoleculares y macromoleculares, su importancia en química y las potenciales aplicaciones de éstas en diversos campos de la Nanotecnología, proponiendo diseños estructurales racionales y herramientas de síntesis química efectivas para la fabricación y el ensamblaje de estructuras funcionales.

=====

Recognise the different supramolecular and macromolecular architectures, their importance in chemistry and their potential application in various fields in Nanotechnology, suggesting rational structural designs and effective chemical synthesis tools to produce and assemble functional structures.

- 3:** Planificar, diseñar y llevar a cabo experimentos con vistas a la fabricación de nanomateriales, evaluando la problemática, los riesgos, y los resultados.

=====

Plan, design and undertake experiments aimed at producing nanomaterials, evaluating the problems, risks and results.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

Como continuación del módulo anterior, en este, se introducirán los conceptos básicos en química necesarios para comprender los procesos de autoensamblaje y autoorganización molecular que permitirán a los estudiantes hacer un uso práctico de la química en beneficio de la fabricación de estructuras de interés en Nanociencia y Nanotecnología.

Una breve descripción de los contenidos de esta asignatura incluye:

Nanomateriales, nanoestructuras y su fabricación: nanopartículas, puntos cuánticos, nanotubos, nanohilos, nanoláminas, nanocomposites, polímeros, dendrímeros y liposomas. Autoensamblado jerárquico y autoorganización molecular: nanoestructuras supramoleculares, crecimiento por autoensamblaje bioquímico, etc. Quiralidad en superficies. Funcionalización de nanoestructuras. Capas inorgánicas.

Las clases teóricas serán complementadas por la realización de seis sesiones prácticas que incluyen:

- 1.- Síntesis de Nanotubos
- 2.- Síntesis de nanopartículas magnéticas en disolución
- 3.- Crecimiento de capas
- 4.- Ensamblaje en la fabricación de nanoestructuras
- 5.- Preparación de agregados micelares de copolímeros en bloque
- 6.- Química Supramolecular; fases anisotrópicas autoensambladas: cristales líquidos.

=====

As a continuation of the previous module, here the necessary basic chemistry concepts are introduced to make the molecular self-assembly and self-organisation processes understandable as they let students make practical use of this chemistry to the benefit of the production of structures of interest in Nanoscience and Nanotechnology.

A brief description of the contents of this subject includes:

Nanomaterials, nanostructures and their production: nanoparticles, quantum points, nanotubes, nanothreads, nanosheets, nanocomposites, polymers, dendrimers and liposomes. Hierarchical self-assembly and molecular self-organisation: supramolecular nanostructures, growth by biochemical self-assembly, etc. Surface chirality. Nanostructure functionalization. Inorganic layers.

The theory classes are complemented by six practical sessions including:

- 1.- Nanotube synthesis
 - 2.- Synthesis of magnetic nanoparticles in solution
 - 3.- Growth of layers
 - 4.- Assembly in nanostructure production
 - 5.- Preparation of block co-polymer micelle aggregates
 - 6.- Supramolecular Chemistry; self-assembled anisotropic stages: liquid crystals.
-

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

A través de este módulo se pretende que los estudiantes se conciencien de la importancia del orden a nivel atómico y a nivel molecular, y como ese ordenamiento puede llegar a determinar las propiedades de un material nanoestructurado, que pueden ser bien diferentes a la que tiene ese mismo compuesto en una estructura tridimensional sin orden preferencial. Es precisamente en ese orden que, de forma natural o impuesta a través de diferentes técnicas de ensamblaje, interacciones intermoleculares dirigidas, estrategias de la química "click", polimerizaciones controladas, funcionalización química de nano-objetos, etc., pueden lograrse a escala nanoscópica propiedades que condicionarán las posibles aplicaciones y utilidades de esos materiales que se irán analizando en módulos posteriores del máster. Por todo ello, es fundamental que los estudiantes de esta titulación conozcan y sepan aplicar los procesos químicos y físicos que pueden conducir a dichos ordenamientos.

=====

This module is aimed at making students aware of the importance of order at the atomic and molecular levels and how this order can determine the properties of a nanostructured material; how they can be different to what this same compound exhibits in a three-dimensional structure with no preferential order. It is precisely this order that, naturally or imposed by different assembly techniques, directed intermolecular interactions, 'click' chemical strategies, controlled polymerization, chemical functionalization of nano-objects, etc., on a nanoscopic scale can create properties that condition the possible applications and uses for these materials - which will be analysed in later modules in this Master's. Therefore, it is essential that students on this course see and know how to apply the chemical and physical processes that can result in this order.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Este módulo, conjuntamente con el módulo "Fabricación de Materiales Nanoestructurados", tiene como objetivo instruir al estudiante en los diferentes métodos disponibles para la obtención de materiales nanoestructurados, lo que supone el primer paso en la fabricación de nanodispositivos con propiedades de interés en campos tan diversos como la física, la química, la bioquímica o la medicina.

=====

The objective of this module, together with the "Fabrication of Nanostructured Materials" module, is to instruct the student in the different methods available to obtain nanostructured materials, which is the first stage in the production of nanodevices with properties that are of interest in fields as diverse as physics, chemistry, biochemistry and medicine.

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

- 1:** Valorar cómo un exhaustivo control del orden a nivel atómico y molecular permite optimizar y potenciar las propiedades de los materiales.

=====

Assess how an extensive control of order at an atomic and molecular level allows the properties of the materials to be optimised and strengthened.

- 2:** Reconocer el potencial de la química en la fabricación de nanoestructuras autoensambladas, estructuras

jerárquicas, quirales, etc.

=====

Recognise the chemical potential in the production of self-assembled nanostructures, hierarchical structures, chirals, etc.

- 3:** Hacer uso de los conocimientos químicos y quimicofísicos necesarios para afrontar en aplicaciones reales el ensamblaje y la fabricación de nanoestructuras funcionales.

=====

Make use of the necessary chemical and chemical-physical knowledge to see the real applications of the assembly and production of functional nanostructures.

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

El primer paso en la fabricación de un nanodispositivo es la selección y el diseño de un método adecuado para el ensamblaje de los átomos o moléculas constituyentes del nanodispositivo. Por ello esta asignatura, que se imparte en paralelo a los módulos 1 (*Propiedades Fundamentales de los Materiales Nanoestructurados*) y 3 (*Ensamblaje y fabricación de Nanoestructuras*) se sitúa al comienzo del curso académico, para pasar más adelante a estudiar cómo se puede caracterizar el material nanoestructurado obtenido y valorar sus propiedades y potenciales aplicaciones en el mercado.

=====

The first step to fabricate a nanodevice is choosing and designing an appropriate method for the assembly of the constituent atoms or molecules for the nanodevice. Therefore, this subject, taught in parallel with modules 1 (Fundamental Properties of Nanostructured Materials) and 3 (Assembly and Fabrication of Nanostructures), takes place at the beginning of the academic year before later moving on to studying how the nanostructured material obtained can be characterised and its properties and potential market applications assessed.

Evaluación

Actividades de evaluación

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

- 1:** Para los estudiantes que opten por la **evaluación continua**:

1.- La evaluación de los 6 créditos ECTS representa el 75% de la calificación final. Se realizará una prueba escrita (50% de la evaluación de estos 6 créditos teóricos. En ella se valoran las competencias adquiridas por el estudiante en forma de conocimientos teóricos relativos al ensamblaje y fabricación de nanoestructuras. El examen constará de cuestiones teóricas que incluirán: (i) tema/s a desarrollar de aquellos correspondientes a los contenidos de esta asignatura, detallados en el apartado “breve introducción a la asignatura” y (ii) preguntas de respuesta breve o de tipo “test”. A través de estas cuestiones teóricas el estudiante habrá de demostrar que ha llegado a obtener las competencias que se deben desarrollar en la asignatura valorándose por ende, de 1 a 10, la corrección en la exposición del tema (calidad científica y capacidad de comunicación escrita) así como la concisión y calidad las respuestas dadas.

Además del examen escrito, se valorará (50% de la calificación de estos créditos teóricos) la resolución de problemas, ejercicios y cuestiones a lo largo de las clases y que el estudiante entregará durante el desarrollo

de éstas o posteriormente según le indique el profesor. El alumno tendrá que manifestar sus conocimientos sobre nanomateriales, nanoestructuras y técnicas nano-litográficas. En concreto, se valorará, de 1 a 10: el planteamiento adecuado para la resolución de la cuestión o del problema planteado, la resolución correcta de éste, la interpretación de los resultados y la correcta explicación del desarrollo del problema acompañada por ecuaciones o gráficos cuando sea pertinente.

2.- Evaluación de los 2 créditos ECTS dedicados a los aspectos prácticos del módulo (25% de la calificación final de este módulo):

a.- Los profesores de prácticas evaluarán, de 1 a 10, las habilidades y destrezas de los alumnos en el laboratorio (25% de la calificación de los créditos prácticos). En este punto se considerarán aspectos fundamentales como habilidades en manejo del instrumental, precisión a la hora realizar los experimentos, atención a los detalles, capacidad para resolver los problemas o dificultades no previstas que puedan presentarse, capacidad para desarrollar un trabajo experimental en grupo, etc.

b.- Respuesta a las preguntas de tipo test y cuestionarios planteados antes, durante y/o después de las sesiones prácticas (25% de la evaluación de los créditos prácticos). Asimismo los estudiantes elaborarán un informe con un elevado grado de detalle (introducción donde se plantee el estado del arte del tema correspondiente, objetivos, resultados, discusión, conclusiones y bibliografía) de una sola de las seis prácticas que se realizarán en este módulo (50% de la evaluación de los créditos prácticos). Se atenderá especialmente a verificar que los estudiantes han adquirido las competencias propias de estas sesiones prácticas, es decir, capacidad para fabricar en el laboratorio materiales nanoestructurados mediante procedimientos de autoensamblaje, dominio de las técnicas para funcionalización de nanoestructuras y conocimiento de las técnicas nanolitográficas a las que tendrán acceso en las prácticas propias de este módulo. Asimismo, se valorará la capacidad de comunicación escrita del estudiante, manejo del lenguaje con el apropiado rigor científico, calidad y presentación del informe.

Será necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10 en cada una de estas dos partes, teoría y práctica, para poder superar la asignatura. Además, deberá obtenerse un promedio igual o superior a 5 puntos sobre 10 para aprobar.

=====

The assessment of the 6 ECTS credits represents 75% of the final mark. There will be a written test (50% of the assessment of these 6 theory credits). Here the abilities acquired by the student in the shape of theoretical knowledge obtained in relation to nanostructure assembly and production are assessed. The exam will feature theory matters including: (i) topic(s) expanded from those corresponding to the contents of this subject, given in the "brief introduction to the subject" section and (ii) short answer or multiple choice questions. In these theory questions, the student has to show that the abilities required for the subject have been obtained which, consequently, will be scored between 1 and 10 for accuracy in topic presentation (scientific quality and written communication abilities) as well as conciseness and quality in the answers given.

In addition to the written exam, problem solving, exercises and questions during the classes handed in by the student at that time or later as per the lecturer's indications will also be scored (50% of the qualification for these theory credits). Specifically, a score of 1 to 10 is given for: the right approach to solving the question or problem, correct solution, interpretation of the results and explanation of how the problem was solved, giving equations or graphs where necessary.

2. Assessment of the 2 ECTS credits for the practical part of the module (25% of the final mark for the module):

a.- The lecturers for the practicals will assess (scored between 1 and 10) the abilities and skills of the students in the laboratory (25% of the mark for the practical credits). Instrument handling ability, accuracy performing

experiments, attention to detail, ability to solve problems or unforeseen difficulties that may arise, ability to work on experiments in a group, etc. will be taken as essential aspects in this area.

b.- Answers to multiple choice questions and Q&As laid out before, during and/or after the practical sessions (25% of the evaluation for the practical credits). Likewise, students will create a highly detailed report (introduction where the state of art of the corresponding topic lies, objectives, results, debate, conclusions and bibliography) on one of the six practicals in this module (50% of the assessment for the practical credits). Special attention will be paid to checking that students have acquired the right abilities for these practical sessions, i.e. the ability to make nanostructured materials in the laboratory through self-assembly procedures, control over the techniques for nanostructure functionalization and knowledge of the nanolithographic techniques which they will have access to in the practical sessions in this module. Likewise, the student's written communication skills, use of language with appropriate scientific rigour, quality and report presentation will also be assessed.

A minimum mark of 4 out of 10 is needed for each of the two parts - theory and practice - to pass the subject. In addition, an average of 5 out of 10 or more needs to be obtained to pass.

2:

Para **estudiantes semipresenciales, que se presenten a otras convocatorias o que deseen subir nota**, la evaluación se realizará mediante:

1.- 75%: Una prueba escrita con cuestiones teóricas que incluirán: (i) tema/s a desarrollar de alguno de los que se indican en el apartado "breve introducción a la asignatura" de esta guía docente donde aparecen los contenidos de la misma y (ii) preguntas de respuesta breve y/o de tipo "test" también referidas a los contenidos impartidos durante las clases y resolución de problemas y ejercicios donde el alumno manifieste sus conocimientos sobre fabricación de nanomateriales, nanoestructuras y técnicas nano-litográficas. La calidad científica y la capacidad de comunicación se valorarán con una puntuación de 1 a 10.

2.- 25%. En primer lugar se realizará una prueba de tipo test, que habrá de superarse antes de entrar en el laboratorio. En ella se valorará si el estudiante está lo suficientemente preparado para respetar la normativa de seguridad en el laboratorio y si está capacitado para el manejo de la instrumentación implicada en la prueba práctica. Ésta será una prueba eliminatoria, que se superará únicamente con una calificación de 8 sobre 10. Este primer test tendrá un valor del 5% del total de esta prueba. Si se supera el test entonces el estudiante comenzará el examen de laboratorio que consistirá en la realización de un trabajo experimental en el que el alumno deberá demostrar que es capaz de planificar los experimentos convenientes a la vista de los objetivos que debe alcanzar y ejecutar dichos experimentos de forma adecuada manejando correctamente la instrumentación correspondiente (siendo supervisado en todo momento por un experto que interrumpirá el examen si observase que el estudiante está poniendo en peligro el equipo o equipos utilizados o su propia seguridad). Esta parte tendrá un peso del 65% de la calificación de esta prueba. Finalmente, deberá interpretar los datos obtenidos y redactar un informe donde analice los resultados obtenidos y las principales conclusiones. Se valorará de 1 a 10 la calidad científica del informe presentado y las habilidades de comunicación del estudiante. Este informe tendrá un valor de un 30% del peso total de esta prueba.

Será necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10 en cada una de estas dos partes del examen para poder superar la asignatura. Además, se exigirá un promedio igual o superior a 5 puntos sobre 10 para aprobar.

=====

For **hybrid students coming to other sittings or wishing to increase their mark**, the assessment consists of:

1.- 75%: A written test with theory questions including: (i) topic(s) to be developed based on those given in the "brief introduction to the subject" section in this teaching manual where the complete contents are given and (ii) multiple choice and/or short answer questions, also in reference to the class course content and problem solving and exercises where the student shows knowledge regarding the manufacturing of nanomaterials, nanostructures and nanolithographic techniques. A score of 1 to 10 will be given for scientific quality and communication skills.

3.- 25%. A multiple choice test must be passed before going into the laboratory. Here the judgement is on

whether or not the student is ready to respect the laboratory safety norms and if the student is able to manage the instruments involved in the practical test. This is an elimination test which can only be passed with a score of 8 out of 10. This first test counts for 5% of the total for this test. Once the test is passed, the student begins the laboratory exam. This consists of an experiment in which the student must show the capability to plan the necessary experiments given the objectives to be achieved. These experiments must be performed adequately, correctly using the corresponding instruments (an expert will at all times be supervising and will halt the exam if this person sees that the student is endangering the equipment used or their own safety). This part counts for 65% of the mark in this test. Lastly, the student must interpret the data obtained and write a report in which the results obtained are analyzed and the main conclusions given. A score of between 1 and 10 will be given for the scientific quality of the report presented and the student's communication skills. This report is worth 30% of the total mark for this test.

A minimum mark of 4 out of 10 is needed for each of the two parts of the exam to pass the subject. In addition, an average of 5 out of 10 or more needs to be obtained to pass.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

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

Este módulo tiene como finalidad dar a conocer a los estudiantes métodos de ensamblaje y fabricación de nanoestructuras identificando el papel relevante que la química juega en el ensamblaje molecular, química supramolecular, obtención de estructuras quirales y funcionalizadas, etc.

Tras un análisis general de estas posibilidades a través de clases magistrales participativas se pasará a una actividad de estudio de casos y problemas en los que pueden observarse, profundizarse, valorarse y matizarse esos principios.

Las clases se complementarán con prácticas de laboratorio donde los estudiantes podrán aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a la casos reales de fabricación de nanoestructuras.

Se terminarán de analizar casos prácticos con una actividad de elaboración de seminarios en la que el estudiante redactará una memoria sobre detalles más específicos no analizados previamente en clase sobre algún método de preparación y su importancia en el contexto científico, tecnológico, social y económico.

=====

The learning process created for this subject is based on:

The aim of this module is to provide students with knowledge of the nanostructure assembly and production methods, identifying the relevance of chemistry in molecular assembly, supramolecular chemistry, obtaining chiral and functionalized structures, etc.

Therefore, following a general examination of these possibilities through participatory master classes, there will be case and problem analysis activities where these principles can be observed, examined in depth, evaluated and clarified.

The lectures are complemented with laboratory practicals where the students can apply the acquired theoretical knowledge to real nanostructure production cases.

Following practical case analysis, there will be a seminar preparation activity for which the student will write a report on more specific details not previously examined in class of a preparation method and its importance in the scientific, technological, social and economic context.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

- 1:** Cada capítulo de contenidos que integra el programa del módulo, será presentado, analizado, y discutido por el profesor a través de clases magistrales participativas durante 50 minutos. Los profesores proporcionarán a los estudiantes las notas, apuntes o resúmenes del contenido de la clase antes del comienzo de la misma así como la literatura recomendada para la profundización en dicho tema.

=====

Each topic area making up the programme for the module will be presented, analysed and discussed by the lecturer through participatory master classes lasting 50 minutes. The lecturers will provide the students with notes, handouts or summaries of class content prior to the beginning of the class (preferably via ADD) along with the recommended reading for more in-depth understanding of the topic.

- 2:** Discusión abierta de los conceptos básicos y su aplicación. Comparación con el desarrollo real. Resolución de problemas y casos prácticos. Todo ello se desarrollara igualmente en el contexto de clases participativas de 50 minutos.

=====

Open forum on the basic concepts and their application. Comparison with real developments. Problem solving and practical case studies. All the above will take place in participatory 50 minute classes.

- 3:** Realización de seis prácticas de laboratorio mediante las cuales el alumno se enfrentará a problemas reales sobre la preparación de materiales nanoestructurados. Gracias al trabajo con los compañeros de los grupos de prácticas que se organizarán, el estudiante desarrollará habilidades sobre cómo trabajar en grupo, y a través de la elaboración de un informe con un importante grado de detalle de una de las prácticas se irá acostumbrando a una presentación profesional de su trabajo, aprendiendo a comunicar sus resultados en inglés.

=====

Six laboratory practicals through which the student faces real problems in the preparation of nanostructured materials. Thanks to the work with their colleagues in the practical groups, the student will develop group work skills and, though the writing of a report in great detail on one of the practicals, the student will become used to professionally presenting pieces of work and learning to communicate the results in English.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Este calendario se hará público al comienzo de cada curso académico a través de la página web del máster: www.unizar.es/nanomat. Las sesiones presenciales siempre tendrán lugar en horario de tarde.

=====

This calendar will be published at the beginning of each academic year in the web site of the Faculty of Science: <https://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>. All classes will be in the afternoon.

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada