Curso | 2022-2023

Guía Docente del

Máster Universitario Erasmus Mundus en Física de Plasmas y Fusión Nuclear (European Master of Science in Nuclear Fusion and Engineering Physics, Fusion EP)

Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid

Versión 2.0 04/07/2022
Aprobada en Junta de Facultad el 29/06/2022

Máster Universitario Erasmus Mundus en Física de Plasmas y Fusión Nuclear
Curso 2022-2023

1. Descripción del Título. Características Generales

1.1. Denominación

Máster Universitario Erasmus Mundus en Física de Plasmas y Fusión Nuclear
(European Master of Science in Nuclear Fusion and Engineering Physics, Fusion EP)

1.2. Universidad Solicitante y Centro, Departamento o Instituto responsable del Título

Título Internacional ofrecido por la Universidad Carlos III De Madrid; la Universidad Complutense de Madrid; Université de Lorraine Nancy (F NANCY01) (Francia); Université de Aix-Marseille, Marseille (Coordinadora) (F MARSEIL01) (Francia); Universiteit Gent (B GENT01) (Bélgica); Czech Technical University Prague (C PRAGUE01) (Rep. Checa); Universität Stuttgart (D STUTTGA01) (Alemania) e Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (Francia).

Universidad Solicitante: Universidad Complutense de Madrid
Centro Responsable del Título: Facultad de Ciencias Físicas

1.3. Tipo de enseñanza

Presencial.
La docencia se imparte en inglés.

1.4. Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas

El máster ofrece un máximo 60 plazas de nuevo ingreso para estudiantes a distribuir en todas las sedes. La oferta máxima en la Universidad Complutense es de 15 plazas. La oferta es conjunta con la Universidad Carlos III de Madrid.

1.5. Número de créditos y requisitos de matriculación

El programa FUSION-EP se imparte en dos cursos académicos, con 48 créditos obligatorios y 12 optativos en el primero, y 12 obligatorios, 18 optativos y el trabajo de fin de máster de 30 créditos en el segundo. El programa total de enseñanza equivale a 120 ECTS:

ECTS Obligatorios	66
ECTS Optativos	24
ECTS Trabajo fin de Máster	30
ECTS TOTALES	**120**

ECTS de matricula necesarios según curso y tipo de matricula:

	TIEMPO COMPLETO		TIEMPO PARCIAL	
	ECTS Matrícula mínima	ECTS Matrícula máxima	ECTS Matrícula mínima	ECTS Matrícula máxima
PRIMER CURSO	60	60	30	30
RESTO DE CURSOS	31	54	18	30

2. JUSTIFICACIÓN

2.1 Justificación del título propuesto, argumentando el interés académico, científico o profesional del mismo.

El título surge de la modificación y mejora de programa máster preexistente, el Master Erasmus Mundus en Física de Plasmas y Fusión Nuclear (FUSION-EP) que ha estado funcionado con éxito desde 2006/07 hasta la actualidad. Los cambios se han limitado a la reorganización de las asignaturas ofertadas en dos especializaciones y a incluir un número mayor de ECTS de contacto directo de los estudiantes con laboratorios trabajando en el campo de fusión, los que alojan el tokamak ITER (Cadarache, Francia) y el tokamak COMPASS (Praga, República Checa)

2.1.1 Justificación Social

La generación de energía por fusión nuclear es un objetivo esencial para el desarrollo de nuestra sociedad en visa la demanda creciente de energía por parte de los países en desarrollo (China, India, etc.) y la necesidad de conseguirla evitando acciones tanto que aceleren el cambio climático como que desequilibren el orden geopolítico. El camino hacia la fusión pasa por un gran proyecto internacional actualmente en desarrollo, el tokamak ITER (en Cadarache, Francia), junto con otros menores pero que exploran vías alternativas (como por ejemplo el stellarator W7-X en Alemania). Europa ha hecho una apuesta decidida por la energía de fusión y parte de ella es ITER, cuya misión es la demostración de generación de energía de fusión de forma controlada y segura. Comenzará su operación en 2025, y seguirá funcionando hasta casi 2050. En el contexto de la generación de energía de fusión, con claras consecuencias para la sociedad del futuro, está el germen del Master en Física de Plasmas y Fusión Nuclear, que aspira a contribuir a los esfuerzos que la UE realiza en el campo de la fusión mediante la formación de estudiantes de máster con las capacidades y conocimientos suficientes para poder contribuir a este importante proyecto de futuro.

2.1.2 Justificación Científica

Sólo en la Unión Europea hay cerca de 3.000 científicos implicados en el desarrollo de la fusión nuclear, con el objetivo de tener un reactor de demostración (DEMO) hacia 2050-2060. La investigación en fusión se ha financiado desde hace más de 5 décadas a través de EURATOM. Desde la entrada en vigor del programa marco de financiación europeo H2020, se costea también a través del consorcio EUROFusion, con un presupuesto cercano a mil millones de euros. Esta financiación atiende las necesidades de los laboratorios de fusión de la UE, programas de investigación en universidades, proyectos en colaboración con la industria y varios dispositivos experimentales de última generación en física de plasmas y fusión nuclear.

Para mantener a Europa en una posición puntera se hace necesario dotar a las nuevas generaciones de capacidades adecuadas en ciencia y tecnología de la fusión. Dada la complejidad de un reactor nuclear estas capacidades son múltiples, y contemplan disciplinas que van desde la física teórica y las simulaciones, a la física experimental y la tecnología más avanzada. No deben perderse de vista las relaciones que esta nueva tecnología tendrá con la sociedad, a escala social, geopolítica, económica y ética. Con esta necesidad en mente y con la vocación de darle respuesta en el entorno académico europeo, se creó el Master en Física de Plasmas y Fusión Nuclear, FUSION-EP. El máster se orienta a dotar a los estudiantes de formación cercana a la investigación y desarrollo tecnológico, Se espera que la demanda de estudiante con esta capacitación siga creciendo paulatinamente en el futuro, a medida que estos dispositivos de fusión pasen de su fase de desarrollo a la de producción.

2.1.3. Justificación Académica

El consorcio de universidades que oferta este programa de máster se ha diseñado de forma que se disponga de conocimientos técnicos en un rango muy amplio de campos que están presentes en los actuales programas de fusión. En las universidades participantes trabajan grupos de investigación con experiencia en la descripción teórica de los plasmas confinados en estos dispositivos, en su modelización numérica, en su diagnostico y control y en el desarrollo de materiales y tecnologías necesarias para confinarlos, monitorizarlos y controlarlos. Participan también como instituciones asociadas al programa varios de los laboratorios de fusión de la EU (como el CIEMAT en España, CEA en Francia, etc.) así como los dos grandes experimentos europeos, el del tokamak ITER y el stellarator W7-X, con lo que la sinergia entre instituciones educacionales y laboratorios de investigación es completa. La movilidad que se incluye en el titulo garantiza además que los estudiantes tendrán experiencia directa en muchas de estas instituciones, lo que les dotará no solo de conocimientos sino también de experiencia directa y de una exposición clara a las necesidades y singularidades del programa europeo de fusión.

3. OBJETIVOS

El máster de Física de Plasmas y Fusión Nuclear aportará a los alumnos una formación sólida en el ámbito de la Física de plasmas de fusión y las tecnologías asociadas, lo que engloba tanto aspectos fundamentales de la disciplina como aspectos más aplicados. La orientación del título de máster es de investigación. Según la experiencia en el título equivalentes preexistente una gran mayoría de los titulados continúa en investigación con perfil científico o tecnológico. Los egresados en gran medida realizan una tesis doctoral y se integran en centros de investigación o universidades, para seguir las actividades científicas. Otra vertiente viable para la inserción laboral son las grandes instalaciones de fusión, ITER en particular, o las industrias tecnológicas en su entorno.

3.1 Competencias generales y específicas.

Los alumnos que cursen este máster adquirirán las siguientes Competencias Generales:

CG1 Dominar los fundamentos de la Física moderna.
CG2 Tener una idea global de los principales campos de aplicación de la Física moderna y de sus conceptos básicos.
CG3 Conocimiento de las aplicaciones técnicas básicas de la ciencia física como tradicionalmente se estudiaba en las ciencias aplicadas.
CG4 Haber adquirido una formación suficiente para abrirse a estudios avanzados en la especialización del tercer semestre (centrada en el campo de la fusión nuclear) y en el desarrollo de la Tesis de máster en el cuarto semestre.
CG5 Ser capaz de aplicar los conceptos de física moderna a investigación y desarrollo de nuevos conceptos tecnológicos.
CG6 Haber aprendido la filosofía básica del pensamiento técnico y científico.
CG7 Lengua europea y cultura.
CG8 Haber adquirido un conocimiento en profundidad de al menos un campo científico y de la ingeniería.
CG9 Ser capaz de estudiar y trabajar en un problema práctico y concreto de forma independiente.
CG10 Ser capaz de generar modelos teóricos a través de los cuales los resultados de la investigación puedan ser descritos y comprendidos.
CG11 Ser capaz de dar cuenta de forma oral y escrita del procedimiento seguido y los resultados obtenidos en el experimento junto con la interpretación.
CG12 Haber conseguido una formación investigadora adecuada, preparado para empezar una tarea investigadora como parte de un equipo de trabajo o una tesis doctoral.
CG13 Desarrollar un sentido de responsabilidad.
CG14 Habilidades de lenguaje y cultura adicionales.

Asimismo adquirirán las Competencias Específicas siguientes:

CE1 Tener un conocimiento avanzado de plasmas de fusión, diseñar y dominar sus aplicaciones tecnológicas.
CE2 Tener conocimiento de los procesos de fusión a nivel sub-atómico.
CE3 Diseñar y dominar aplicaciones tecnológicas avanzadas en el campo de la física del plasma, y la interacción plasma-pared.
CE4 Realizar estudios avanzados sobre aplicaciones tecnológicas de los plasmas de fusión en campos como la tecnología nuclear, la ingeniería de materiales, magneto-hidrodinámica (MHD), tecnología RF y diagnóstico del plasma, en base a decisiones personales y bien razonadas.
CE5 Tener una buena formación sobre calentamiento del plasma por medio de diferentes técnicas como las ondas de radio frecuencia o la inyección de partículas neutras.
CE6 Analizar problemas complejos que surgen durante el proceso de generación y mantenimiento de plasmas de fusión y transformarlos en un problema científico.
CE7 Ser capaz de llevar a cabo una búsqueda bibliográfica en inglés.
CE8 Seleccionar los modelos más apropiados de simulación y aplicarlos al campo de la dinámica del plasma y la magneto-hidrodinámica (MHD).
CE9 Mostrar una actitud crítica hacia la investigación propia y atreverse a desviarse de presupuestos estándar acerca de la generación de energía nuclear en general y la fusión nuclear en particular.
CE10 Defender posiciones de manera independiente acerca de situaciones complejas en el campo de la energía nuclear en los foros internacionales.
CE11 Aplicar de forma creativa los conocimientos propios sobre los plasmas de fusión durante la investigación, diseño y producción.
CE12 Adaptarse con flexibilidad a los entornos de investigación divergentes.
CE13 Ser capaz de realizar informes en inglés sobre temas técnicos o científicos en el campo de los plasmas y la fusión nuclear, de forma oral o por escrito.
CE14 Ser capaz de trabajar en equipos multidisciplinarios e internacionales.
CE15 Actuar en un ambiente multicultural de una manera profesional y social.

CE16 Estar al tanto de los aspectos corporativos y legales y las implicaciones de la investigación en el campo de los plasmas de fusión.
CE17 Ser consciente de las implicaciones de la fusión nuclear para el medio ambiente y ser capaz de comunicarse de una manera social y responsable.
CE18 Tener conocimiento profundo de la evolución histórica de la física nuclear, la energía nuclear y la fusión nuclear y la capacidad de interpretar su relevancia social.
CE19 Introducir innovaciones tecnológicas en el campo de la fusión nuclear.
CE20 Enfocar la complejidad de la fusión nuclear y problemas técnicos derivados de manera creativa, usando modelos de sistemas y procesos.
CE21 Prestar atención a los ciclos de vida de los reactores de fusión, así como a la eficiencia energética, la presión ambiental, el uso de materias primas y mano de obra.
CE22 Prestar atención a los aspectos de fiabilidad y seguridad, que son característicos de los plasmas de fusión y entornos radiactivos.
CE23 Elaborar, presentar y defender ante un tribunal universitario un proyecto en el ámbito de la Física de Plasmas y la Fusión Nuclear en el que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en el Título.

4. DESTINATARIOS

Para cursar el máster se recomienda tener una buena base de Matemáticas, Física y Tecnología. Por lo tanto son adecuados estudiantes que hayan superado cualquier título de grado de los ámbitos de la Física o la Ingeniería. Las titulaciones más apropiadas serían por un lado el Grado en Física o Tecnologías y por otro el de Ingeniería Industrial, Electrónica, Eléctrica, en Energía, Química y de Materiales. Los estudiantes deben tener aptitud para el trabajo en equipo y motivación para la investigación, la innovación y la tecnología. Deberán tener además una buena predisposición para el aprendizaje continuo, ya que muchas de las disciplinas y tecnologías que forman parte de los contenidos de este máster se encuentran en la frontera de la ciencia y la ingeniería actuales, estando por tanto en constante desarrollo. Los estudiantes deberán tener un nivel de ingles muy alto puesto que, dado el carácter internacional del mismo y la movilidad que forma parte integral del programa, es el lenguaje común a todas las actividades.

5. PLANIFICACIÓN DOCENTE DEL MÁSTER

5.1. Distribución del plan de estudios en créditos ECTS por tipo de materia

La estructura del programa se combina con una estancia obligatoria de los estudiantes en dos universidades asociadas de distintos países, como se indica en la siguiente tabla:

Universidad A:

- Semestre 1
- Semestre 2
- Encuentro de Verano

Universidad B:

- Semestre 3
- Semestre 4
- Encuentro de Verano

Los estudiantes deben participar obligatoriamente en un “Encuentro de verano” al final de cada curso académico. En dicho encuentro, los estudiantes de segundo año defienden su Trabajo Fin de Máster (TFM) ante un Comité formado por los directores académicos del programa en las universidades asociadas y representantes de los centros investigación. Los estudiantes de primer año asisten a la defensa de los TFM por parte de los estudiantes de segundo año y contactan con los coordinadores de la universidad en la que estudiarán el segundo año con el fin de definir su área de especialidad y el Trabajo Fin de Máster que desarrollarán durante el segundo año. El “Encuentro de verano” tiene una duración de 5 días hábiles, por lo general a finales del mes de julio.

Además de los “Encuentros de verano”, los estudiantes de segundo año deben asistir a la Escuela de fusión (ITER) en Francia, cerca de Cadarache, en el emplazamiento del Proyecto ITER, al comienzo del cuarto semestre (febrero-marzo) durante 2 – 3 semanas, consistente en cursos y actividades prácticas de investigación en el campo de la fusión nuclear y la física del plasma.

Todas las universidades asociadas al programa ofertan los cuatro semestres del máster. El primer semestre consiste en 4 cursos físico / técnicos obligatorios, complementados con un curso de lengua y cultura para introducir al estudiante en el idioma y la cultura local. El segundo semestre consiste en 3 cursos obligatorios más

dos cursos optativos. Los cursos de primer y segundo semestre no son idénticos en todas las universidades, pero cubren un temario genérico similar en todas ellas. La oferta española se lleva a cabo de manera conjunta por la Universidad Carlos III y la Universidad Complutense, con la colaboración de la División de Fusión del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas).

Para el segundo año (semestres 3 y 4), el estudiante deberá elegir un itinerario o área de especialización. El programa ofrece dos especializaciones, todas ellas orientadas a la fusión:

- T1 (Itinerario 1): Ciencia de la fusión
- T2 (Itinerario 2): Ingeniería de la fusión

Tercer y Cuarto Cuatrimestre (60 ECTS)

El estudiante tiene que elegir un área de especialización (T1 o T2), seguir los cursos dentro de esta área de especialización (30 ECTS) y llevar a cabo el trabajo de fin de máster (TFM) de 30 ECTS sobre un tema dentro de la especialidad seleccionada. Los cursos son:

- Lengua y Cultura II (6 ECTS) (común para todos los estudiantes y especialidades) (3er.semestre)
- Un curso optativo de la especialidad (6 ECTS) (3er. semestre)
- Un módulo de "Research and training" de la especialidad (6 ECTS) (3er. y 4to. semestre). Se compone de dos cursos de 3 ECTS.
- Una asignatura práctica de 6 ECTS, "*Joint experimentation and analysis session*" impartida en el Laboratorio del Instituto de Física de Plasmas (IPP) de Praga, en la República Checa.
- *Escuela de fusión* en ITER (Cadarache; Francia) (6 ECTS). Esta actividad engloba varias actividades de formación especializada en el campo de la fusión nuclear, comunes a todos los estudiantes del máster de segundo año de todas las instituciones, que seguirán todos juntos en el laboratorio del tokamak ITER (Cadarache; Francia) por un período aproximado de tres semanas.

La distribución en créditos ECTS por materias es la siguiente:

Materia 1, Formación Básica: 42 ECTS
Materia 2, Lenguaje y Cultura: 12 ECTS
Materia 3, Formación Específica: 18 ECTS
Materia 4, Ciencia de la Fusión: 36 ECTS
Matera 5, Experiencia Práctica en Fusión: 12 ECTS

5.2. Aspectos académico-organizativos generales

La solicitud de admisión debe realizarse (on-line) a través de la universidad coordinadora del máster (Universidad de Aix-Marseille):

```
Prof. Peter Beyer
FUSION-EP Secretariat - Application FUSION-EP
Aix-Marseille Université, CNRS, PIIM UMR 7345,
13397 Marseille Cedex 20,
FRANCIA
```

La información detallada sobre las condiciones de admisión y la solicitud on-line pueden encontrarse en:
http://www.em-master-fusion.org/applying
Más información: http://www.em-master-fusion.org

Requisito de idiomas

Dado que el inglés es el idioma oficial del programa, se requiere un alto nivel de conocimientos de inglés escrito y hablado. Estos conocimientos pueden acreditarse con un título oficial de inglés, de nivel B2 mínimo, que incluya evaluaciones en los 4 ámbitos: listening, reading, speaking y writing como, por ejemplo, los exámenes TOEFL o IELTS, el Certificado de Inglés de la Universidad Carlos III de Madrid o el Cambridge ESOL. Como norma general, se requieren las puntuaciones mínimas establecidas para obtener un nivel B2 según el marco común europeo de idiomas. Este requisito se eximirá a estudiantes cuya lengua materna sea el inglés y a quienes hayan completado estudios universitarios de grado en inglés, previa presentación de la documentación correspondiente.

5.3. Créditos a superar por el estudiante

Se necesita superar un total de 120 ECTS, incluido el TFM de 30 ECTS, con el requisito adicional de movilidad en al menos dos universidades del consorcio.

5.4. Planificación de las enseñanzas para la consecución de los objetivos y la adquisición de competencias

La planificación de las enseñanzas de este máster está coordinada entre las universidades del consorcio en aras de conformar un máster europeo conjunto. Las actividades formativas están categorizadas como sigue:

AF1 Clase teórica
AF2 Clases prácticas
AF3 Clases teórico prácticas
AF4 Prácticas de laboratorio
AF5 Tutorías
AF6 Trabajo en grupo
AF7 Trabajo individual del estudiante
AF8 Exámenes parciales y finales

Como línea general las actividades formativas AF1, AF2, AF3, AF4 y AF8 suponen un 100% de presencialidad, mientras que el resto son de presencialidad reducida. La siguiente tabla resume la distribución según la memoria de verificación y las materias.

CUADRO RESUMEN PRESENCIALIDAD		**MATERIAS**					
		M1	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**TFM**
CÓDIGOS DE ACTIVIDAD	**AF1**	100%	100%	100%	100%	0%	0%
	AF2	100%	100%	100%	100%	0%	0%
	AF3	0%	0%	0%	0%	100%	0%
	AF4	100%	0%	0%	0%	100%	0%
	AF5	20%	20%	20%	20%	25%	18%
	AF6	25%	13%	50%	50%	25%	0%
	AF7	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	AF8	100%	100%	100%	100%	100%	0%
	TOTAL	39%	40%	36%	36%	36%	30.6%

Las metodologías docentes formativas se pueden describir como sigue:

- Exposiciones en clase del profesor con soporte de medios informáticos y audiovisuales, en las que se desarrollan los conceptos principales de la materia y se proporciona la bibliografía para complementar el aprendizaje de los alumnos.
- Lectura crítica de textos recomendados por el profesor de la asignatura: Artículos de prensa, informes, manuales y/o artículos académicos, bien para su posterior discusión en clase, bien para ampliar y consolidar los conocimientos de la asignatura.
- Resolución de supuestos prácticos, problemas y ejercicios planteados por el profesor de manera individual o en grupo.
- Exposición y discusión en clase, bajo la moderación del profesor de temas relacionados con el contenido de la materia, así como de casos prácticos.
- Elaboración de trabajos e informes de manera individual o en grupo.
- Realización de prácticas en laboratorio docente; participación en actividades guiadas de carácter práctico en laboratorios y centros de investigación del ámbito.

El criterio general de evaluación para todas las materias, salvo mención expresa contraria, estará basado en la evaluación continua del trabajo personal de cada alumno, en la realización de ejercicios y trabajos por parte de los alumnos matriculados, los exámenes int2ermedios y finales, y en el caso del TFM en la presentación y defensa pública por parte del alumno.

5.5. Tabla-Resumen del Plan de Estudios

PRIMER CURSO									
Cu	Ctr	ASIGNATURA	Tipo	ECTS	Cu	Ctr	ASIGNATURA	Tipo	ECTS
1	1	Física de plasmas	OB	6	1	2	Física computacional	OB	6
1	1	Introducción a la Física atómica y molecular	OB	6	1	2	Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales	OB	6
1	1	Dinámica de fluidos	OB	6	1	2	Proyecto de laboratorio: Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales	OB	6
1	1	Electrodinámica Clásica	OB	6	1	2	Optativa 1 (Materia 3; Track 1 o 2)	OP	6
1	1	Lenguaje y cultura I	OB	6	1	2	Optativa 2 (Materia 3; Track 1 o 2)	OP	6
SEGUNDO CURSO									
Cu	Ctr	ASIGNATURA	Tipo	ECTS	Cu	Ctr	ASIGNATURA	Tipo	ECTS
2	1	Lenguaje y Cultura II	OB	6	2	2	Escuela de Fusión	OB	6
2	1	Optativa 3 (Materia 4; Track 1 o 2)	OP	6	2	2	Trabajo Fin de Master	OB	30
2	1	Optativa 4 (Materia 4; Track 1 o 2)	OP	3	2	2			
2	1	Optativa 5 (Materia 4; Track 1 o T2)	OP	3	2	2			
2	1	"Joint Experimentation and Analysis Session"	OB	6	2	2			

OB = OBLIGATORIA; OP = OPTATIVA

TRACK 1 (Ciencia de la Fusión)

MATERIA	ASIGNATURA	ECTS	Tipo	Curso	Ctr.
MATERIA 1 Formación Básica	Física de plasmas	6	OB	1	**1**
	Introducción a la física atómica y molecular	6	OB	1	**1**
	Dinámica de fluidos	6	OB	1	**1**
	Electrodinámica clásica	6	OB	1	**1**
	Física computacional	6	OB	1	**2**
	Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales	6	OB	1	**2**
	Proyecto de laboratorio: Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales	6	OB	1	**2**
	TOTAL ECTS MATERIA 1	**42**			
	Lenguaje y cultura I	6	OB	1	**1**

MATERIA 2 Lenguaje y Cultura	Lenguaje y cultura II	6	OB	2	**1**
	TOTAL ECTS MATERIA 2	**12**			
MATERIA 3 Formación Específica	Física de materiales	6	OP	1	**2**
	Física estadística	6	OP	1	**2**
	Física atómica y molecular avanzada	6	OP	1	**2**
	TOTAL ECTS MATERIA 3	**18**			
MATERIA 4 Ciencia de la Fusión	Física de plasmas computacional	6	OP	2	**1**
	Física de reactores de fusión	6	OP	2	**1**
	Diagnóstico de plasmas y tecnología de materiales	6	OP	2	**1**
	Turbulencia en plasmas	3	OP	2	**1**
	Magnetohidrodinámica	3	OP	2	**1**
	Plasmas en el espacio y astrofísica	3	OP	2	**1**
	Fusión por confinamiento inercial	3	OP	2	**1**
	Técnicas computacionales en estructura, dinámica y espectroscopía atómica y molecular	3	OP	2	**1**
	Mecánica de fluidos y ecuaciones en derivadas parciales	3	OP	2	**1**
	TOTAL ECTS MATERIA 4	**36**			
MATERIA 5 Experiencia práctica en fusión	Joint Experimental and Analysis Session	6	OB	2	**1**
	Escuela de Fusión (ITER)	6	OB	2	**2**
	TOTAL ECTS MATERIA 5	**12**			
TRABAJO FIN DE MÁSTER	Trabajo Fin de Máster	**30**			
	TOTAL ECTS MATERIA TFM	**30**			

TRACK 2 (Ingeniería de la Fusión)

MATERIA	ASIGNATURA	ECTS	Tipo	Curso	Ctr.
MATERIA 1 Formación Básica	Física de plasmas	6	OB	1	**1**
	Introducción a la física atómica y molecular	6	OB	1	**1**
	Dinámica de fluidos	6	OB	1	**1**
	Electrodinámica clásica	6	OB	1	**1**
	Física computacional	6	OB	1	**2**
	Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales	6	OB	1	**2**
	Proyecto de laboratorio: Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y	6	OB	1	**2**
	TOTAL ECTS MATERIA 1	**42**			
	Lenguaje y cultura I	6	OB	1	**1**

MATERIA 2 Lenguaje y Cultura	Lenguaje y cultura II	6	OB	2	**1**
	TOTAL ECTS MATERIA 2	**12**			
MATERIA 3 Formación Específica	Física de materiales	6	OP	1	**2**
	Física estadística	6	OP	1	**2**
	Física atómica y molecular avanzada	6	OP	1	**2**
	TOTAL ECTS MATERIA 3	**18**			
MATERIA 4 Ingeniería de la Fusión	Física de reactores de Fusión	6	OP	2	**1**
	Ingeniería de dispositivos de fusión: Diseño, seguridad y tecnología de reposición de	6	OP	2	**1**
	Diagnóstico de plasmas y tecnología de	6	OP	2	**1**
	Materiales para reactores de fusión	3	OP	2	**1**
	Interacción plasma-pared en plasmas de Fusión	3	OP	2	**1**
	Ingeniería de dispositivos de fusión: Robótica	3	OP	2	**1**
	Física nuclear y fusión	3	OP	2	**1**
	Tecnología de plasmas aplicada a la industria	3	OP	2	**1**
	TOTAL ECTS MATERIA 4	**33**			
MATERIA 5 Experiencia práctica en fusión	Joint Experimental and Analysis Session	6	OB	2	**1**
	Escuela de Fusión (ITER)	6	OB	2	**2**
	TOTAL ECTS MATERIA 5	**12**			
TRABAJO FIN DE MÁSTER	Trabajo Fin de Máster	**30**			
	TOTAL ECTS MATERIA TFM	**30**			

5.6. Página web y correo de contacto del máster

http://nuclear.fis.ucm.es/masterfusion/
lmfraile@ucm.es

5.7. Indicadores

En el plan de estudios se han ajustado los contenidos al tiempo de trabajo real de los estudiantes y se han introducido sistemas de evaluación continua en todas las materias. En el último curso y en especial en el último semestre el plan limita considerablemente la carga lectiva para dar paso al trabajo fin de máster

Tasa de graduación - 75%
Tasa de abandono - 25%
Tasa de eficiencia - 75%

6. Descripción de los Módulos o Materias. Contenidos de las Asignaturas.

MATERIA 1 – Formación Básica / Basic Topics

Esta materia está compuesta por 7 asignaturas que se imparte/n en el primer y segundo cuatrimestre del primer curso, consta de 42 ECTS y es de carácter obligatorio. Se imparten en inglés.

Asignatura	Créditos	Curso / Cuatrimestre		Carácter	Idioma
Física de plasmas/*Plasma physics*	6	1	1	OB	Inglés
Introducción a la física atómica y molecular/	6	1	1	OB	Inglés

Introduction to atomic and molecular physics					
Dinámica de fluidos/ *Fluid dynamics*	6	1	1	OB	Inglés
Electrodinámica clásica/ *Classical electrodynamics*	6	1	1	OB	Inglés
Física computacional/ *Computational physics*	6	1	2	OB	Inglés
Técnicas Experimentales en plasmas, física nuclear y materiales/ *Experimental techniques in plasmas, nuclear physics and materials*	6	1	2	OB	Inglés
Proyecto de laboratorio: técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales/ *Laboratory Project: experimental techniques in plasmas, nuclear physics and materials*	6	1	2	OB	Inglés

Temas comunes a las asignaturas:
Todas las asignaturas utilizan el lenguaje matemático común a la física: cálculo diferencial en una o varias variables, álgebra y estadística.
All courses are expressed in the mathematical language typical of physics: differential calculus in one and several variables, algebra and statistics.

Temas específicos de cada asignatura:
Física de plasmas: introducción a la física de plasmas; apantallamiento de Debye; introducción a la fusión nuclear; movimiento de cargas en un campo magnético; plasmas como fluidos; equilibrio y estabilidad de plasmas; transporte en plasmas; ondas en plasmas; introducción a la teoría cinética; calentamiento de plasmas.
Physics of plasmas: *introduction to the physics of plasmas; Debye shielding; introduction to nuclear fusion; charge motion in a magnetic field; plasmas as fluids; plasma equilibrium and stability; plasma transport; waves in plasmas; introduction to kinetic theory; plasma heating.*

Introducción a la física atómica y molecular: introducción a la mecánica cuántica; problemas unidimensionales; fuerzas centrales; momento angular; spin; métodos variacionales y perturbativos; átomos con un electrón; átomos con muchos electrones; moléculas diatómicas; interacción radiación-materia.
Introduction to atomic and molecular physics: *introduction to quantum mechanics; one-dimensional problems; central forces; angular momentum; spin; variational and perturbative methods; one-electron atoms; multi-electron atoms; diatomic molecules; radiation-matter interaction.*

Dinámica de Fluidos: Cinemática; ecuación de Navier-Stokes; principio de Bernoulli; Hidrostática; Fuerzas en cuerpos sumergidos; flujos potenciales; ondas de choque; inestabilidades (Kelvin-Helmholtz, Rayleigh-Taylor y Richtmyer-Meshkov); turbulencia.
Fluid dynamics: *kinematics; Navier-Stokes equation; Bernoulli's principle; hydrostatics; forces on submerged bodies; potential flows; shock waves; instabilities (Kelvin-Helmholtz, Rayleigh-Taylor y Richtmyer-Meshkov); fluid turbulence.*

Electromagnetismo clásico: electrostática; magnetostática; electrodinámica; leyes de conservación; potenciales y campos; radiación; ondas electromagnéticas; electrodinámica relativista; movimiento de cargas en campos electromagnéticos; radiación de cargas en movimiento.
Classical electromagnetism: *electrostatics; magnetostatics; electrodynamics; conservation laws; potentials and fields; radiation; electromagnetic waves; relativistic electrodynamics; charge motion in electromagnetic fields; radiation emitted by moving charges.*

Física Computacional: Diferencias finitas para ecuaciones diferenciales ordinarias; diferencias finitas para ecuaciones en derivadas parciales; métodos continuos eulerianos; algebra lineal; métodos de partícula.
Computational physics: *finite differences for ordinary differential equations; finite differences for partial differential equations; continuous Eulerian methods; linear algebra; particle methods.*

Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales: diagnósticos en plasmas (dispersión Thomson; fluorescencia; reflectometría; interferometría; espectroscopía; sondas; emisión ciclotrón); diagnósticos en física nuclear (detectores de centelleado; fotomultiplicadores; detectores de neutrones; procesado de señales); caracterización de materiales (propiedades mecánicas).
Experimental techniques in plasmas, nuclear physics and materials: *plasma diagnosis (Thomson scattering; fluorescence; reflectometry; interferometry; spectroscopy; probes; cyclotron emission); diagnostics in nuclear physics (scintillators; photomultipliers; neutron detectors; signal processing); material characterization (mechanical properties)*

Proyecto de laboratorio: Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales: Sesiones de laboratorio asociadas a la asignatura de "Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales".

Laboratory project: Experimental techniques in plasmas, nuclear fusion and materials*: lab sessions associated to the course "Experimental techniques in plasmas, nuclear physics and materials".*

MATERIA 2 – Lenguaje y cultura / *Language and Culture*

Esta materia es de carácter obligatorio y consta de 2 asignaturas que se imparten en el primer cuatrimestre del primer y segundo curso, respectivamente, para un total de 12 ECTS. La docencia es en inglés y español.

Asignatura	Créditos	Curso / Cuatrimestre		Carácter	Idioma
Lenguaje y cultura I / Language and culture I	6	1	1	OB	Inglés
Lenguaje y cultura II / Language and culture II	6	2	1	OB	Inglés

Temas comunes a las asignaturas:
Las dos asignaturas ofertadas en esta materia tienen el mismo programa. La asignatura Lenguaje y Cultura trata de introducir a los estudiantes al lenguaje y cultura al país en que se encuentran en cada curso. Debido a la ordenación del plan de este Master, TODOS los alumnos del mismo pasan el primer y segundo curso del Master en países europeos DIFERENTES. Por ello, NINGÚN alumno del master puede repetir esta asignatura a pesar de que no se ofrezcan dos asignaturas distintas en cada país, sino sólo una. De hecho, los alumnos de primer y segundo año comparten dicha asignatura en el país en que se encuentren cursando el master.

The two courses offered share the same syllabus. Language and Culture is designed to introduce the students of the program to the language and culture of the country where they are located. Owing to the program structure of the Master, every student spends the first and second year in different universities from different European countries. For that reason, students never repeat this class even if each university offers the same class for students of first and second year. In fact, these students attend the same class at the country where they are participating in the program.

Temas específicos de cada asignatura:
Lenguaje y Cultura I & II: Adjetivos, artículos y nombres. Posesivos. Género. Presente, pasado y futuro. Verbos irregulares. Preposiciones. Condicional. Imperativo. Subjuntivo. Cultura española. Sociedad. Tradiciones. Mercado laboral. Gastronomía.
Language and Culture I & II: *Adjectives, articles and nouns. Possessives. Gender. Present, past and future. Irregular verbs. Prepositions. Conditional. Imperative. Subjunctive. Spanish culture. Society. Traditions. Job market. Gastronomy.*

MATERIA 3 – Formación Específica / *Specific Topics*

Esta materia está compuesta por 2 asignaturas que se imparten en el segundo cuatrimestre del primer curso. El estudiante puede elegir esas dos asignaturas de entre tres posibles (18 ECTS). Los alumnos hispanohablantes que no cursan la Materia 2 han de elegir las 3 asignaturas. Se imparte en inglés.

Asignatura	Créditos	Curso / Cuatrimestre		Carácter	Idioma
Física de materiales/Physics of materials	6	1	2	OP	Inglés
Física estadística/Statistical physics	6	1	2	OP	Inglés
Física atómica y molecular avanzada/Advanced atomic and molecular physics	6	1	2	OP	Inglés

Temas comunes a las asignaturas:
Todas las asignaturas utilizan el lenguaje matemático común a la física: cálculo diferencial en una o varias variables, álgebra y estadística. También emplean conocimientos de Física Moderna básica (Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo y Mecánica Cuántica).
All courses are expressed in the mathematical language typical of physics: differential calculus in one and several variables, algebra and statistics. They also include basic contents of modern Physics (Mechanics, Thermodynamics, Electromagnetism and Quantum Mechanics)

Temas específicos de cada asignatura:
Física de materiales: estructura de los materiales; tipos de materiales; defectos en cristales; difusión; diagramas de fase; propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, magnéticas y ópticas; degradación; procesado.
Physics of Materials: structure; types of materials; defects in crystals; diffusion; phase diagrams; mechanical, thermal, electric, magnetic and optic properties; degradation; processing.

Física Estadística: Mundo macroscópico y microscópico; estados de equilibrio y no-equilibrio; potenciales termodinámicos; función de partición; teorías de campo medio; criticalidad; universalidad; ecuaciones de transporte.
Statistical physics: macroscopic and microscopic realities; equilibrium and non-equilibrium states; thermodynamical potentials; partition function; mean-field theories; criticality; universality; transport equations.

Física Atómica y Molecular avanzada: átomos polielectrónicos; estructura atómica; aproximación de campo central; técnicas de cálculo; interacción con campos externos estáticos; espectroscopía atómica; aproximación de Born-Oppenheimer para moléculas; enlace molecular y estabilidad; funciones de onda electrónica, vibracional y rotacional; espectroscopía molecular para moléculas diatómicas; conceptos básicos para moléculas poliatómicas; aplicaciones.
Advanced Atomic and Molecular physics: Poli-electronic atoms; atomic structure; central field approximation and main corrections; computational techniques; interactions with external static fields; atomic spectroscopy. Born-Oppenheimer approximation for molecules; molecular bonding and stability; electronic, vibrational and rotational wavefunctions; molecular spectroscopy for diatomics; basics on polyatomic molecules; applications.

MATERIA 4 (Track 1: Ciencia de la Fusión) – Ciencia de la Fusión / Fusion Science

Esta materia 4 es específica del itinerario seguido. Está compuesta por 1 asignatura de 6 ECTS y 2 asignaturas de 3 ECTS que se imparten en el primer cuatrimestre del segundo curso. El estudiante puede elegir la asignatura de 6 ECTS de entre una oferta de tres asignaturas y las dos de 3 ECTS de entre seis posibles asignaturas. Es de carácter optativo con una oferta total de 36 ECTS. Docencia en inglés.

Asignatura	Créditos	Curso / Cuatrimestre		Carácter	Idioma
Física de plasmas computacional/ *Computational plasma physics*	6	2	1	OP	Inglés
Física de reactores de fusión/*Fusion reactor physics*	6	2	1	OP	Inglés
Diagnóstico de plasmas y tecnología de materiales/*Plasma Diagnostics and Technology of materials*	6	2	1	OP	Inglés
Turbulencia en plasmas/*Plasma turbulence*	3	2	1	OP	Inglés
Magnetohidrodinámica/ *Magnetohydrodynamics*	3	2	1	OP	Inglés
Plasmas en el espacio y astrofísica/*Space and astrophysical plasmas*	3	2	1	OP	Inglés
Fusión por confinamiento inercial/*Inertial confinement fusion*	3	2	1	OP	Inglés
Técnicas computacionales en estructura, dinámica y espectroscopía atómica y molecular/*Computational techniques in structure, dynamics and spectroscopy for atoms and molecules*	3	2	1	OP	Inglés
Mecánica de Fluidos y ecuaciones en derivadas parciales/*Fluid Mechanics and Partial Differential Equations*	3	2	1	OP	Inglés

Temas comunes a las asignaturas:
Todas las asignaturas utilizan el lenguaje matemático común a la física: cálculo diferencial en una o varias variables, números complejos, álgebra y estadística. También emplean conocimientos de Física Moderna básica y avanzada (Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo y Mecánica Cuántica).
All courses are expressed in the mathematical language typical of physics: differential calculus in one and several variables, complex numbers, algebra and statistics. They also include basic and advanced concepts of modern Physics (Mechanics, Thermodynamics, Electromagnetism and Quantum Mechanics)

Temas específicos de cada asignatura:
Física de plasmas computacional: análisis de series temporales; análisis de Fourier; wavelets; bi-coherencia; análisis bi-espectral; simulación de plasmas; métodos espectrales y pseudo-espectrales; método particle-in-cell.
Computational plasma physics: *time series; Fourier analysis; wavelets; bi-coherence; bi-spectral analysis; plasma simulation; spectral and pseudo-spectral methods; particle-in-cell methods.*

Física de reactores de Fusión: tokamaks; stellarators; estabilidad y equilibrio; confinamiento y transporte; calentamiento e inducción de corriente; interacción plasma-pared; operación y control del plasma.

Fusion reactor physics: *tokamaks; stellarators; stability and equilibrium; confinement and transport; heating and current drive; plasma-wall interaction; plasma operation and control.*

Diagnóstico de plasmas y tecnología de materiales: medidas magnéticas; sistemas de infrarrojo y microondas; dispersión Thomson; LIDAR; espectroscopía en plasmas; diagnósticos de partícula; medidas de campo eléctrico; medida de productos de fusión; daño por radiación; propiedades eléctricas de materiales; propiedades dieléctricas; propiedades ópticas.
Plasma diagnostics and technology of materials: *magnetic measurements; infrared and microwave systems; Thomson scattering; LIDAR; plasma spectroscopy; particle diagnostics; electric field measurements; fusion product measurements; radiation damage; electric properties of materials; dielectric properties; optical properties.*

Turbulencia en plasmas: ecuación de Navier-Stokes; turbulencia en fluidos en dos y tres dimensiones; diagnósticos para turbulencia en fluidos; turbulencia magnetohidrodinámica; dinamos; simulación de turbulencia en plasmas; turbulencia inducida por ondas de deriva; flujos zonales; diagnósticos para turbulencia en plasmas.
Plasma Turbulence: *Navier-Stokes equation; three-dimensional fluid turbulence; two-dimensional turbulence; diagnostics for fluid turbulence; magnetohydrodynamical turbulence; dynamos; numerical simulations of plasma turbulence; zonal flows; drift-wave turbulence; diagnostics for plasma turbulence.*

Magnetohidrodinámica: el modelo MHD; equilibrio; estabilidad ideal; estabilidad resistive; diagnósticos magnéticos.
Magnetohydrodynamics: *the MHD model; equilibrium; ideal stability; resistive stability; magnetic diagnostics.*

Plasmas espaciales y astrofísicos: modelos matemáticos; viento solar; magnetosfera terrestre; "dusty plasmas"; formación estelar; turbulencia MHD; motores astronómicos; discos de acreción; chorros astrofísicos.
Space and Astrophysical plasmas: *mathematical models; solar wind; Earth magnetosphere; dusty plasmas; star formation; MHD turbulence; astronomical engines; accretion disks; astrophysical jets.*

Fusión por confinamiento inercial: interacción de láseres y materia; modelos de implosión; hidrodinámica de plasmas de alta densidad; ignición directa e indirecta; tecnología para la fusión por confinamiento inercial.
Inertial confinement fusion: *laser-matter interactions; implosion models; hydrodynamics of high-density plasmas; direct and indirect ignition; technology for inertial confinement fusion.*
Técnicas computacionales en estructura, dinámica y espectroscopía atómica y molecular: cálculo de la estructura molecular y atómica; métodos ab-initio; métodos variacionales y perturbativos; cálculo de colisiones electrón-átomo; método de la matriz-R; secciones eficaces de excitación e ionización; resonancias; cálculo de colisiones atómicas y moleculares; aproximación semiclásica; métodos CTMC clásicos.
Computational techniques in atomic and molecular structure, dynamics and spectroscopy: *calculation of atomic and molecular structure; ab-initio methods; variational and perturbative methods; calculation of atom-electron collisions; R-matrix method; cross-sections for excitation and ionization; resonances; calculation of atomic and molecular collisions; semi-classic approximations; classic CTMC methods.*

Mecánica de fluidos y ecuaciones en derivadas parciales: Problemas elípticos; fluidos con bajo número de Reynolds; flujos de Stokes; problemas parabólicos; medios porosos y lubricación; problemas hiperbólicos; fluidos con alto número de Reynolds; ecuaciones de Euler; acústica; técnicas asintóticas; estabilidad; MHD ideal; ecuación de Grad-Shafranov.
Fluid mechanics and partial differential equations: *Elliptic problems; fluid motion at low Reynolds number; Stoke flows; parabolic problems; porous media and lubrication; hyperbolic problems; fluid motion at high Reynolds number; Euler equations; acoustics; asymptotic techniques; stability; ideal MHD; Grad-Shafranov equation.*

MATERIA 4 (Track 2: Ingeniería de la Fusión) – Ingeniería de la Fusión/*Fusion Engineering*

Esta materia 4 es específica del itinerario seguido. En este caso está compuesta por 1 asignatura de 6 ECTS y 2 asignaturas de 3 ECTS que se imparten en el primer cuatrimestre del segundo curso. El estudiante puede elegir la asignatura de 6 ECTS de entre una oferta de tres asignaturas y las dos de 3 ECTS de entre cinco posibles asignaturas. Es de carácter optativo con una oferta total de 33 ECTS. Se imparte en inglés.

Asignatura	Créditos	Curso / Cuatrimestre		Carácter	Idioma
Ingeniería de dispositivos de fusión: diseño, seguridad y tecnología de reposicion de combustible/ *Engineering for fusion devices: design, safety and fuelling technology*	6	2	1	OP	Inglés
Física de reactores de fusión/*Fusion reactor physics*	6	2	1	OP	Inglés

Diagnóstico de plasmas y tecnología de materiales/*Plasma Diagnostics and Technology of materials*	6	2	1	OP	Inglés
Materiales para reactores de fusión/*Materials for fusion reactors*	3	2	1	OP	Inglés
Interacción plasma-pared en plasmas de fusion/*Plasma-wall interactions in fusion plasmas*	3	2	1	OP	Inglés
Ingeniería de dispositivos de fusión: robótica/ *Engineering for fusion devices: robotics*	3	2	1	OP	Inglés
Física nuclear y fusión/*Nuclear physics and fusion*	3	2	1	OP	Inglés
Tecnología de plasmas aplicada a la industria/*Industrial applications of plasma technology*	3	2	1	OP	Inglés

Temas comunes a las asignaturas:
Todas las asignaturas utilizan el lenguaje matemático común a la física: cálculo diferencial en una o varias variables, números complejos álgebra y estadística. También emplean conocimientos de Física Moderna básica y avanzada (Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo y Mecánica Cuántica), así como de Ingeniería y Tecnología.
All courses are expressed in the mathematical language typical of physics: differential calculus in one and several variables, complex numbers, algebra and statistics. They also include basic and advanced concepts of modern Physics (Mechanics, Thermodynamics, Electromagnetism and Quantum Mechanics), Engineering and Technology.

Temas específicos de cada asignatura:
Ingeniería de dispositivos de fusión: diseño, seguridad y tecnología de reposición de combustible: dispositivos de fusión; estructura del reactor; dispositivos de confinamiento magnético; cámara de vacío; bobinas magnéticas; criostato; sistemas de calentamiento; sistemas eléctricos; sistemas auxiliares; ciclo del combustible; gestión de residuos; seguridad e impacto ambiental.
Engineering for fusion devices: design, safety and fueling technology: *fusion devices; reactor layout; magnetic confinement devices; vacuum vessel; coils; cryostat; heating systems; electric systems; auxiliary systems; fuel cycle; waste management; safety and environmental impact.*

Física de reactores de Fusión: tokamaks; stellarators; estabilidad y equilibrio; confinamiento y transporte; calentamiento e inducción de corriente; interacción plasma-pared; operación y control del plasma.
Fusion reactor physics: *tokamaks; stellarators; stability and equilibrium; confinement and transport; heating and current drive; plasma-wall interaction; plasma operation and control.*

Diagnóstico de plasmas y tecnología de materiales: medidas magnéticas; sistemas de infrarrojo y microondas; scattering Thomson; LIDAR; espectroscopía en plasmas; diagnósticos de partícula; medidas de campo eléctrico; medida de productos de fusión; daño por radiación; propiedades eléctricas de materiales; propiedades dieléctricas; propiedades ópticas.
Plasma diagnostics and technology of materials: *magnetic measurements; infrared and microwave systems; Thomson scattering; LIDAR; plasma spectroscopy; particle diagnostics; electric field measurements; fusion product measurements; radiation damage; electric properties of materials; dielectric properties; optical properties.*

Materiales para reactores de fusión: conceptos básicos; daño por radiación; impacto sobre la microestructura; efectos en las propiedades mecánicas; aceros ferríticos y martensíticos; aceros reforzados por dispersión de óxidos; aleaciones de tungsteno, vanadio y otros metales.
Materials for fusion reactors: *basic concepts; radiation damage; impact on microstructure; effects on mechanical properties; ferritic and martensitic steels; oxide dispersion strengthened steels; tungsten alloys, vanadium and other materials.*

Interacción plasma-pared en plasmas de fusión: reciclado de partículas; modelado de la interacción sólido-partícula; interacciones partícula-superficie; diseño de limitadores; recubrimientos y reparación de materiales; divertores; desafíos futuros.
Plasma-wall interactions in fusion plasmas: *particle recycling; modelling of solid-particle interactions; surface-particle interactions; limiter design; coatings and component repair; divertors; future challenges.*

Ingeniería de dispositivos de fusión - robótica: historia de la robótica; conceptos; tecnología básica; control fuerza-torque; operación a distancia; simuladores y realidad virtual; aplicaciones al entorno submarino, nuclear y espacial.
Engineering of fusion devices - robotics: *history of robotics; basic concepts and technology; force-torque control; teleoperation; simulators and virtual reality; application to submarine, nuclear and spatial environments.*

Física nuclear y fusión: propiedades nucleares; radioactividad alfa, beta y gamma; modelos de estructura nuclear; reacciones nucleares; procesos de fusión y fisión; reacciones para fusión y fisión controlada.
Nuclear physics and fusion: *nuclear properties; alpha, beta and gamma radioactivity; models for nuclear structure; nuclear reactions; fusion and fission processes; controlled fusion and fission reactions.*

Tecnología de plasmas aplicada a la industria: plasmas de laboratorio y plasmas industriales; síntesis de materiales; plasmas acoplados inductivamente; tratamiento de superficies; plasmas producidos por ondas de superficie; otras aplicaciones de plasmas a la industria; transferencia entre laboratorios y empresas.
Plasma technology applied to industry: *laboratory and industrial plasmas; material synthesis; inductively coupled plasmas; surface treatment; plasmas produced by surface waves; other industrial applications of plasmas; transfer of technology between laboratories and industry.*

MATERIA 5 – Experiencia práctica en fusión/ *Hands-on experience with fusion*

Esta materia está compuesta por dos asignaturas de 6 ECTS que se imparten, respectivamente, en el primer y segundo cuatrimestre del segundo curso (12 ECTS). Es de carácter obligatorio y se imparte en inglés. Todos los estudiantes de segundo año del master realizan estas actividades simultáneamente, con independencia de la universidad en la que estén cursando su segundo año.

Asignatura	Créditos	Curso / Cuatrimestre		Carácter	Idioma
Sesión conjunta experimental y de análisis/*Joint experimental and analysis session*	6	2	1	OB	Inglés
Escuela de fusión (ITER)/ *Fusion school (ITER)*	6	2	2	OB	Inglés

Temas comunes a las asignaturas:
Ambas asignaturas comparten su carácter de grupo, ya que todos los estudiantes de segundo curso las realizan simultáneamente con independencia de la universidad en la que estén ubicados. Se pretende con ellas que los estudiantes se familiaricen con la operación, control y diagnosis de dispositivos de fusión por confinamiento magnético.
Both courses share their group spirit, since all second-year students will take this classes at the same time, independently of their university of origin. The intention behind these courses is for students to familiarize themselves with the operation, control and diagnosis of magnetically-confined fusion devices.

Temas específicos de cada asignatura:
Sesión conjunta experimental y de análisis: esta actividad se realiza por todos los estudiantes de segundo año del Master en el laboratorio de Física de Plasmas de la Universidad Técnica de Praga, en la Republica Checa, que opera el tokamak CASTOR. Los estudiantes adquirirán experiencia de primera mano en el diseño, control, operación y diagnosis de un tokamak de tamaño medio, guiados por el personal científico del laboratorio.
Joint experimental and analysis session: *this activity is taken simultaneously by all second-year master students at the Institute for Plasma Physics in Prague, Czech Republic, where the CASTOR tokamak is housed. Students will have first-hand experience in the design, control, operation and diagnosis of a mid-size tokamak, guided by the IPP scientific staff.*

Escuela de Fusión (ITER): esta actividad se realiza por todos los estudiantes de segundo año del Master en el laboratorio de la Comisión de Energía Atómica francesa (CEA) en Cadarache (Francia) en que se aloja el proyecto del tokamak ITER. Los estudiantes recibirán clases y experiencia de primera mano del personal responsable del diseño y construcción del tokamak ITER, que será el experimento de fusión más grande construido nunca cuando comience a operarse alrededor del 2025.
Fusion school (ITER): *this activity will be taken simultaneously by all second-year master students in the laboratory of the French Atomic Energy Comission (CEA) in Cadarache (France), where the ITER tokamak project is located. Students will receive classes and first-hand experience under the guidance of the scientists that are designing and building ITER, the largest tokamak experiment ever built that will start operations circa 2025.*

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER (TFM)/ MASTER PROJECT

Esta materia está compuesta por una asignatura obligatoria de 30 ECTS que se cursa a largo del segundo curso, con el objetivo de que los estudiantes sean capaces de realizar, presentar y defender un proyecto en el ámbito de la Física de Plasmas, la Fusión Nuclear o la Tecnología de Plasmas.

Asignatura	Créditos	Curso / Cuatrimestre		Carácter	Idioma
TFM	30	2	-	OB	Inglés

Temas comunes a la única asignatura:
TFM: El estudiante debe realizar un trabajo individual y dirigido en un tema del ámbito de la Física de Plasmas, la Tecnología de Plasmas o la Fusión Nuclear que demuestre que ha alcanzado el grado de conocimiento, madurez y experiencia suficiente. Deberá presentarlo y defenderlo delante de un tribunal que podrá preguntarle sobre cualquier aspecto que considere relevante del mismo.
TFM*: The student will have to complete successfully an individual, but guided, project in the general area of Plasma Physics, Plasma Technology or Nuclear Fusion. The resulting work should show clearly that the student has achieved a sufficient degree of maturity, technical and scientific knowledge and skills. The student will have to present and defend the project in front of a committee that will be able to question the student about any aspect of the project*

7. FICHAS DE LAS ASIGNATURAS

Se incluyen las fichas de las asignaturas que se imparten total o parcialmente en la Universidad Complutense.

Máster Universitario *Erasmus Mundus* en Física de Plasmas y Fusión Nuclear

Curso 2022-23

Course	**Física Computacional / Computational Physics**			**Code**	609710
Subject:	Basic training		**Language:**	English	
Character:	Mandatory		**Course:**	M1	**Semester** 2
ECTS	6	**Theory Problems**	6	**Laboratory**	0
Contact hours	45		45		0

Co-ordinator	José Miguel Reynolds		**Department:**	UC3M
	office:		**e-mail**	jreynold@fis.uc3m.es

T: theory. P: problems

Group	Lecturer	T/P*	Dep.	e-mail
(A)	A determinar (22.5 h)	T/P	EMFTEL	
	José Miguel Reynolds (22.5 h)	T/P	*UC3M*	jreynold@fis.uc3m.es

Group	Schedule			Tutorials office hours (place / hours)
	Weekday	**Time**	**Room**	
(A)	Friday	10:30 – 13:30	S3.1	Tuesday-Thursday, 10:30 – 12:30 Office 18, 3rd floor

Course contents
- Get acquainted with the use of advanced programming languages (FORTRAN, C or Matlab). - Reach a basic knowledge of the fundamental algorithms used in physical simulations. - Be able to model a physical problem and implement it on the chosen programming language.

Final competences (according to verification document)
The course will provide the student with a general knowledge of the structure of materials and its influence on their properties.

Initial competences
Basic knowledge of general physics, plasma physics

Syllabus

1. Finite differences I: Ordinary Differential Equations
2. Finite differences II: Partial Differential Equations
3. Continuous Eulerian Methods
4. Linear Algebra
5. Lagrangian and Particle Methods
6. Random numbers
7. Statistics
8. Monte Carlo methods
9. Optimization problems
10. Molecular dynamics
11. High-performance computing

Bibliography

- William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery. Numerical Recipes in Fortran, The art of Scientific Computing, second edition. Cambridge University Press. 1994
- R.J. Barlow, Statistics: A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences, 2008, Wiley.
- J.M. Thijssen, Computational Physics. 2007, Cambridge University Press.
- D.E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, 1989, Addison-Wesley.

Online resources

Resources will be made available to students using the UCM Campus Virtual platform (Moodle).

Methodology

Topics are discussed in class with the help of slides that are provided to students.

Selected projects from the area of fusion plasmas are handed to the students that must work through them, simulate them numerically.

Materials will be provided on the Virtual Campus.

Evaluation methods

Exams (N_{Final})	**Weight:**	0%
Other activities (N_{lab})	**Weight:**	100%

The course will be graded using various assignments including one larger course-like project and three smaller problems related to different subjects.

Final mark

The final grade for the course will be the weighted average of the continuous evaluation.

Máster Universitario *Erasmus Mundus* en Física de Plasmas y Fusión Nuclear

Curso 2022-23

Course	**Lenguaje y cultura I / Language and culture I**			**Code**	609709
Subject:	Language and culture	**Language:**	Spanish		
Character:	Mandatory	**Course:**	M1	**Semester**	1
ECTS	6	**Theory**	6	**Laboratory**	
Contact hours	45	**Problems**	45		

Co-ordinator	Por determinar			**Department:**	Lengua Española
	office:		**e-mail**		

T: theory. P: problems

Group	Lecturer	T/P*	Dep.	e-mail
(A)	Por determinar	T/P	Lengua Española	

Group	Schedule			Tutorials office hours (place / hours)
	Weekday	**Time**	**Room**	
(A)	Wednesday	11:00 – 14:00	4B	Upon request by e-mail

Course contents
The course will provide the student with a basic knowledge of the Spanish language, as well as of the Spanish culture and habits.

Final competences (according to verification document)
The course is aimed to introduce the student to the Spanish language (for basic level students), or to improve it (for intermediate level students), by learning the essentials of the Spanish grammar and lexicon. The student will be also familiarized with the Spanish culture and customs.

Initial competences
Not required.

Syllabus
• Introduction and assessment of the student level. • *Ser* y *estar*. The descriptive adjectives, articles and personal pronouns. • Possessives. Gender and nouns (singular and plural). • Present tense (regular and irregular verbs). *Tener / Deber. Gustar / odiar / preferir*. • Past tenses. • Verbs of change (*ponerse, hacerse, convertirse*). Verbs with prepositions. • Future tense and conditional. • Imperative. • Subjunctive. * Spanish culture: the Spanish family; free time; the Spanish university; festivals and traditions; gastronomy; job market.
Bibliography
*A handbook for the learning of Spanish, suited to the students level. • Castro Viúdez, F. *Aprende gramática y vocabulario*, 1 y 2. SGEL. 2004 • Consejo de Europa . *Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas: aprendizaje, enseñanza, evaluación*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - Instituto Cervantes, Anaya. 2002 • Instituto Cervantes. *La enseñanza del español como lengua extranjera. Plan Curricular del Instituto Cervantes*, Madrid. 2007 • Matte Bon, E. *Gramática comunicativa del español*. Madrid, Difusión. 1992 • Sánchez Lobato, Jesús y Santos Gargallo, Isabel. *Vademécum para la formación de profesores*. Enseñar español L2/LE. Madrid, SGEL. 2004

Online resources
Resources will be made available to students using the UCM Campus Virtual platform (Moodle).
Methodology
Classroom lectures and practical sessions consisting of exercises and activities proposed by the lecture and carried out by the student, as well as listening and conversation sessions.
Evaluation methods

Exams (N_{exam})	**Weight:**	60%
Midterm exam Final exam		
Other activities (N_{lab})	**Weight:**	40%
Assignments		

Final mark
$N_{final} = 0.6\ N_{exam} + 0.4\ N_{lab}$

Máster Universitario *Erasmus Mundus* en Física de Plasmas y Fusión Nuclear

Curso 2022-23

Course	**Física atómica y molecular avanzada / Advanced atomic and molecular physics**			**Code**	609714
Subject:	Specific training		**Language:**	English	
Character:	Elective		**Course:**	M1	**Semester** 2
ECTS	6	**Theory**	6	**Laboratory**	
Contact hours	45	**Problems**	45		

Co-ordinator	José Antonio Briz Monago		**Department:**	EMFTEL
	office:	3/235	**e-mail**	josebriz@ucm.es

Group	Lecturers	T/P*	Dep.	e-mail
(A)	José Antonio Briz Monago	T/P	EMFTEL	josebriz@ucm.es

Group	Schedule			Tutorials office hours (place / hours)
	Weekday	Time	Room	
(A)	Monday	10:30 – 12:30	S3.1	Tuesday and Thursday, 10:30 – 12:30 Room 230, 3rd floor
	Tuesday	10:30 – 11:30		

T: theory. P: problems

Course contents
The aim of this course is to develop the basic knowledge on the structure, types and properties of materials. The fundamentals on crystalline and non-crystalline materials will be reviewed and essential topics on degradation including radiation damage- and processing will be treated.

Final competences (according to verification document)
The course provides the basis for an understanding of atomic and molecular structure and spectroscopy. The basic computational procedures in this field are introduced in some detail. The student is introduced to the use and interpretation of spectroscopic data on atoms and diatomic molecules for applications such as spectroscopy or plasma diagnostics.

Initial competences
Basic quantum mechanics and techniques, including the treatment of angular momentum, perturbation theory, solution for the Schrodinger equation in one dimension, and the Hydrogen atom. Basic Atomic and Molecular Physics.

Syllabus
- Polielectronic atoms - Atomic structure - Central field approximation and main corrections - Computational techniques - Interactions with external static fields - Atomic spectroscopy - Born-Oppenheimer approximation for molecules - Molecular bonding and stability - Electronic, vibrational and rotational wavefunctions - Molecular spectroscopy for diatomic molecules - Basics on polyatomic molecules - Applications
Bibliography
• B.H. Bransden, C.J. Joachain. Physics of atoms and molecules (Longman 1994) • I.I. Sobelman. Atomic Spectra and Radiative Transitions (Springer Verlag). • Atkins, P.W. Molecular Quantum Mechanics (Oxford Univ. Press 1989). • G.K. Woodgate Elementary atomic structure (McGraw Hill). • Haken Wolf. Molecular Physics and elements of Quantum Chemistry, introduction to experiments and theory. (Springer Verlag 1995)

Online resources
A dedicated course on the virtual campus will be provided with the aim of improving the interaction with the lecturers and the learning of the subject. Lectures notes are given to the students. Java-based simulation tools and on-line exercises are used.
Methodology
The classroom sessions will take 45 hours (30 h for lectures and 15 h of practical classes). There will be visits to the spectroscopy laboratory. Evaluation shall take into account attendance and class participation, including practical classes and solution of quizzes proposed along the course. Homework assignments, including computer tasks, will be provided. A written exam will take place at the end of the semester. Materials will be provided on the Virtual Campus.
Evaluation methods

Exams (N_{exam})	**Weight:**	70%
End-of-term examination		
Other activities (N_{lab})	**Weight:**	30%
Continuous assessment (assignments, laboratory, quizzes)		

Final mark
$N_{Final} = \max(N_{exam}, 0.7\ N_{exam} + 0.3\ N_{lab})$

Máster Universitario *Erasmus Mundus* en Física de Plasmas y Fusión Nuclear

Curso 2022-23

Course	**Física de Materiales / Physics of Materials**			**Code**	609715
Subject:	Specific training		**Language:**	English	
Character:	Elective		**Course:**	M1	**Semester** 2
ECTS	6	**Theory**	6	**Laboratory**	
Contact hours	45	**Problems**	45		

Co-ordinator	Belén Sotillo			**Department:**	FM
	office:	107	**e-mail**	bsotillo@ucm.es	

Group	Lecturers	T/P*	Dep.	e-mail
(A)	Belén Sotillo	T/P	FM	bsotillo@ucm.es
	Ruth Martínez	T/P	FM	mariarum@ucm.es

T: theory. P: problems

Group	Schedule			Tutorials office hours (place / hours)
	Weekday	Time	Room	
(A)	Monday	12:30 – 13:30	S3.1	Tuesday 10:00 – 13:00, Office 107
	Wednesday	11:30 – 13:30		Thursday 10:00 – 13:00, Office 107

Course contents
The aim of this course is to develop the basic knowledge on the structure, types and properties of materials. The fundamentals on crystalline and non-crystalline materials will be reviewed and essential topics on degradation including radiation damage- and processing will be treated.

Final competences (according to verification document)
The course will provide the student with a general knowledge of the structure of materials and its influence on their properties.

Initial competences
Basic knowledge of general physics

Syllabus
Structure; types of materials; defects in crystals; diffusion; phase diagrams; mechanical, thermal, electric, magnetic and optic properties; degradation; processing. **1.** Chemical bonding & microscopic structure. **2.** Lattices and crystal structure. **3.** Defects in solids. Diffusion. **4.** Phase diagrams. **5.** Types of Materials. **6.** Thermal properties of materials. **7.** Electronic properties of materials. **8.** Optical properties of materials. **9.** Magnetic properties of materials. **10.** Mechanical properties of materials. **11.** Degradation of materials.
Bibliography
• "Understanding Solids: The Science of Materials", Richard J. D. Tilley, Wiley. ISBN-13: 978-1118423462 • "Materials Science and Engineering: An Introduction", Callister and Rethwisch, Wiley. ISBN-13: 978-1118324578 • "The Science and Engineering of Materials", D.R. Askeland and P.P. Puhlé. Thomson 2006

Online resources		
Resources will be made available to students using the UCM Virtual Campus (Moodle).		
Methodology		
Activities: • Theory lessons. Main concepts will be explained and will be illustrated with examples and practical applications. • Practical lessons: exercises, case studies and other activities. Continuous assessment will be partially based on out-of-class works and exercises. Materials will be provided on the Virtual Campus.		
Evaluation methods		
Exams (N_{Final})	**Weight:**	60%
Exam: closed-book at end of semester		
Other activities (N_{ec})	**Weight:**	
Continuous assessment activities may include: • Problems and exercises to be solved. • Online tests or questionnaires (Virtual Campus) Other activities (short classroom presentations).		
Final mark		
The final course mark (F) will be: $\boldsymbol{F = 0.60 N_{final} + 0.40 N_{ec}}$		

Máster Universitario *Erasmus Mundus* en Física de Plasmas y Fusión Nuclear

Curso 2022-23

Course	**Física estadística / Statistical physics**			**Code**	609713	
Subject:	Specific training		**Language:**	English		
Character:	Elective		**Course:**	M1	**Semester**	2
ECTS	6	**Theory**		6	**Laboratory**	
Contact hours	45	**Problems**		45		

Co-ordinator	Luis Dinis Vizcaíno		**Department:**	EMFTEL
	office:	215	**e-mail**	ldinis@ucm.es

Group	Lecturers	T/P*	Dep.	e-mail
(A)	Luis Dinis Vizcaíno	T/P	EMFTEL	ldinis@ucm.es

T: theory. P: problems

Group	Schedule			Tutorials office hours (place / hours)
	Weekday	Time	Room	
(A)	Tuesday	11:30 – 13:30	S3.1	Monday 14h - 15h Contact by mail to set up meeting
	Wednesday	10.30 – 11:30		

Syllabus

Objectives:

- Develop intuitive pictures of the micro- and the macroscopic world.
- Distinguish between equilibrium and non-equilibrium states.
- Understand the statistical origin of thermodynamic potentials.
- Calculate the partition function of simple systems.
- Apply mean-field theories to a variety of systems.
- Understand criticality and universality.
- Use transport equations.

Final competences (according to verification document)

The course will provide the student with an appropriate training in statistical physics especially suited for its application to plasma physics and nuclear fusion science.

Initial competences

Basic knowledge of general physics and mathematics

Syllabus
1. Foundations: the microscopic and macroscopic world, ergodic hypothesis, the micro-canonical ensemble. 2. Canonical ensemble: derivation, thermodynamic potentials, fluctuations, applications. 3. Bose-Einstein gas: Bose-Einstein condensation, examples. 4. Fermi gas: Fermi distribution and Fermi energy, examples. 5. Phase transitions and critical phenomena: the Ising model, Van der Waals theory of liquids, critical phenomena, universality. 6. Non-equilibrium Statistical Physics: Boltzmann equation, Brownian motion, Langevin and Fokker-Plank equations, linear response, fluctuation- dissipation relations.
Bibliography
• D. Chandler. Introduction to Modern Statistical Mechanics . Oxford U. Press. 1987 • Kerson Huang. Statistical Mechanics. Wiley. 1987 • W. Greiner, L. Neise, H. Stocker. Thermodynamics and Statistical Mechanics. Springer. 1995

Online resources
Resources will be made available to students using the UCM Campus Virtual platform (Moodle).
Methodology
Classroom lectures and classroom problem solving sessions Homework assignments Numerical computation sessions Small research project. Materials will be provided on the Virtual Campus. Course Material: - Lecture notes (in power point). - Java experiments.

Evaluation methods		
Exam (N_{Final})	**Weight:**	40%
Discussion and class participation		
Other activities (N_{lab})	**Weight:**	30%
Assignments		
Other activities (N_{ec})	**Weight:**	30%
Final project		

Final mark
$N_{Final} = 0.4\ N_{exam} + 0.3\ N_{ass} + 0.2\ N_{proj}$

Máster Universitario *Erasmus Mundus* en Física de Plasmas y Fusión Nuclear

Curso 2022-23

Course	**Técnicas experimentales en plasmas, física nuclear y materiales / Experimental techniques in plasmas, nuclear physics and materials**			**Code**	609711
Subject:	Basic training	**Language:**	English		
Character:	Mandatory	**Course:**	M1	**Semester**	2
ECTS	6	**Theory**	4	**Laboratory**	2
Contact hours	45	**Problems**	30		15

Group	**Lecturers**	**T/P ***	**Dep.**	**e-mail**
(A)	Kieran Joseph Mc Carthy	T/P	*CIEMAT*	kieran.mccarthy@ciemat.es
	Teresa Leguey Galán	T/P	*UC3M*	leguey@fis.uc3m.es
	José Antonio Briz Monago (9 h)	T/P	**EMFTEL**	josebriz@ucm.es
	Javier Arturo Alonso de Pablo	T/P	*CIEMAT*	arturo.alonso@ciemat.es
	Ma. Teresa Estrada García	T/P	*CIEMAT*	teresa.estrada@ciemat.es

Co-ordinator	Teresa Leguey Galán			**Department:**	UC3M
	office:	*UC3M*	**e-mail**	leguey@fis.uc3m.es	

T: theory. P: problems

Group	**Schedule**			**Tutorials office hours (place / hours)**
	Weekday	**Time**	**Room**	
(A)	Tuesday*	14:30 – 17:30	S3.1	Upon request by e-mail
	Thursday*	10:30 – 13:30		

* Three hours per week depending on the subject and hosting laboratory.

Course contents

The students should be able to:

- Obtain the main parameters of magnetically confined fusion plasmas.
- Evaluate power balance of fusion plasmas.
- Calibrate gamma particle detectors.
- Determine alpha particle-target material interaction cross-sections.
- Characterize materials using the stress-strain curve.
- Obtain parameters that describe the mechanical characteristics of a material.
- Correlate mechanical characteristics and microstructure.

Final competences (according to verification document)

The course provides the basis for an understanding of the techniques for plasma diagnosis (Thomson scattering; fluorescence; reflectometry; interferometry; spectroscopy; probes; cyclotron emission) and for instrumentation in nuclear physics (scintillators; photomultipliers; neutron detectors; signal processing) as well as the characterization or the mechanical properties of materials.

Initial competences

Basic knowledge of atomic physics, electrodynamics and solid state physics.

Syllabus

1. PLASMA DIAGNOSTICS. Interaction of lasers, microwave and infrared radiation, light atoms and heavy ions with plasmas: Thomson scattering, Laser induced fluorescence, reflectometry, interferometry, active charge-exchange spectroscopy and heavy ion beam probe diagnostics. VIS, VUV, soft and hard X-ray spectroscopy, electron cyclotron emission, magnetic and electrostatic probes. Measurement of fusion products.

2. NUCLEAR PHYSICS. Characteristics of detectors for alpha and gamma particles: Ionisation and scintillation detectors and photomultipliers. Neutron detectors. Signal transmission and electronics for pulse signal processing: amplifiers, analogical to digital converters.

3. MECHANICAL PROPERTIES. Structural Materials in Fusion Reactors. Mechanical Testing. Elastic Deformation. Materials Failure. Dislocations and Strengthening Mechanisms.

Bibliography

- B.H. Bransden, C.J. Joachain. Physics of atoms and molecules, Longman 1994.
- I.I. Sobelman. Atomic Spectra and Radiative Transitions, Springer 1979.
- W.F. Leo, WF, Techniques for nuclear and particle physics experiments, Springer 1987.
- G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, fourth edition 2010, Wiley.
- M.F. L'Annunziata, "Handbook of Radioactivity Analysis", third Edition 2012, Elsevier.
- D. Francois, Structural Components: Mechanical Tests and Behavioral Laws, Wiley 2013.

Online resources

A dedicated course on the virtual campus will be provided with the aim of improving the interaction with the lecturers and the learning of the subject.

Methodology

The classroom sessions will take 45 hours (30 h for lectures and 15 h of practical classes). There will be visits to the spectroscopy laboratory. The course is coordinated with the Laboratory Project. Evaluation shall take into account attendance and class participation, including practical classes and solution of quizzes proposed along the course. Homework assignments, including computer tasks, will be provided. A written exam will take place at the end of the semester. Materials will be provided on the Virtual Campus.

Evaluation methods

Exams (N_{exam})	**Weight:**	70%
End-of-term examination		
Other activities (N_{lab})	**Weight:**	30%
Continuous assessment (assignments, laboratory, quizzes)		

Final mark

$$N_{Final} = \max (N_{exam}, 0.7\ N_{exam} + 0.3\ \ N_{lab})$$

8. CUADROS HORARIOS

Horarios del primer curso de máster (M1), para los dos semestres:

FUSION-EP			1st year (M1)		
1st semester	**Monday**	**Tuesday**	**Wednesday**	**Thursday**	**Friday**
10:00 - 11:00					
11:00 - 12:00			Language & Culture		Introduction to Atomic & Molecular Physics
12:00 - 13:00		Fluid Dynamics		Fluid Dynamics	
13:00 - 14:00					
14:00 - 16:00					
16:00 - 17:30		Classical Electromagnetism		Classical Electromagnetism	
17:45 - 19:15		Plasma Physics		Plasma Physics	
2nd semester	**Monday**	**Tuesday**	**Wednesday**	**Thursday**	**Friday**
09:30 - 10:30					
10:30 - 11:30	Advanced Atomic & Molec. Physics	Advanced Atomic & Molec. Physics	Statistical Physics		Computational Physics
11:30 - 12:30		Statistical Physics	Material Physics	Experimental Techniques (Wks 1 - 5)	
12:30 - 13:30	Material Physics				
13:30 - 14:30					
14:30 - 15:30		Experimental Techniques (All weeks)		Laboratory Project	
15:30 - 16:30					
16:30 - 17:30					

	Lectures take place at Facultad de CC. Físicas UCM
	Lectures take place at UC3M, campus de Leganés
	Lectures take place at UC3M, UCM and CIEMAT
	Lectures take place at different sites

Horarios del primer curso de máster (M2), para los dos semestres:

FUSION-EP			2nd year (M2)		
1st semester	**Monday**	**Tuesday**	**Wednesday**	**Thursday**	**Friday**
10:30 - 11:00	Reactor Physics			Reactor Physics	
11:00 - 12:00			Language and Culture II		
12:00 - 13:00	Plasma Turbulence				
13:00 - 14:00				Advanced Materials for Fusion	
14:00 - 15:00					
15:00 - 16:00					
16:00 - 17:00					
17:00 - 18:00					

Lectures take place at Facultad de CC. Físicas UCM
Lectures take place at UC3M, campus de Leganés
Lectures take place at UC3M, UCM and CIEMAT
Lectures take place at different sites

The Joint Experimental and Analysis Session takes place in Prague.

The ITER fusion school takes place in Cadarache.

Master Thesis work (30 ECTS) during the 2nd semester.

9. CALENDARIO ACADÉMICO

Facultad de Ciencias Físicas

Calendario académico del curso 2022-23

(Aprobado en Junta de Facultad del 20-12-21)

Septiembre

L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Octubre

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Noviembre

L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Diciembre 2022

L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

2023 Enero

L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

Febrero

L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28					

Marzo

L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Abril

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Mayo

L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Junio

L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Julio

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Agosto

L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

clases semestre 1 | clases semestre 2 | parciales de 1º GF | x no lectivos

exámenes | lectura TFGs | entrega de actas

Convocatorias extraordinarias de Prácticas de Master y TFM en septiembre.

[Fechas de 2023 sin incluir los festivos que se deberán aprobar para ese año].

Clases: **S1: 5septiembre-16diciembre.** **S2: 23enero-10mayo**

16 recuperación LMX

10 recuperación L y V

Exámenes semestre 1: 19diciembre-20enero

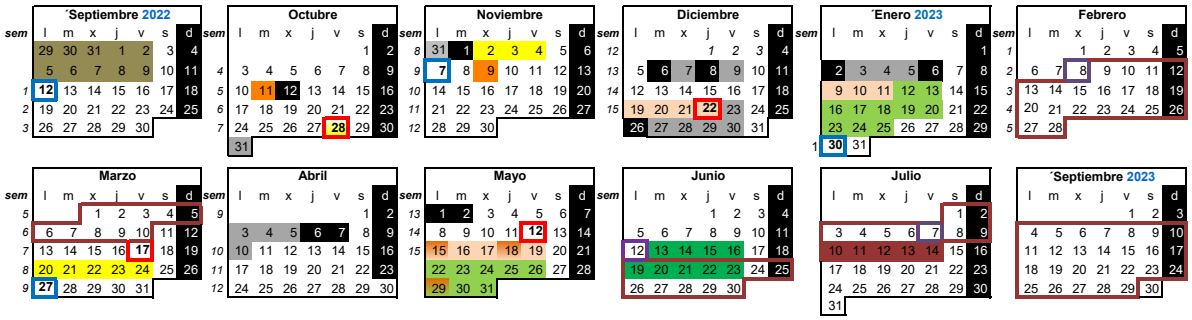
Exámenes semestre 2: 11-31 de mayo

Exámenes extraordinarios: 12-30 de junio

	L	M	X	J	V	dias
S1	13	13	13	14	15	68
S2	13	14	15	14	12	68

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

CALENDARIO ACADÉMICO CURSO 2022/23
POSTGRADO - MÁSTERES



Días no lectivos	Festivos		Fechas académicas	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2
31 octubre	Fiestas locales (PENDIENTES)		Cursos 0 y Complementos Formativos	29 agosto - 9 septiembre	
7 y 9 diciembre			Inicio clases Cuatrimestre	12 septiembre	30 enero
23 dic a 5 ene	Getafe	18 y 29 may	Inicio clases Semicuatrimestre	12 sept / 7 nov	30 enero / 27 marzo
3 a 10 de abril	Leganés	11 oct y 14 agos	Recuperaciones y Tutorías Posibilidad Exámenes adelantados	Semana 15	Semana 15
	Madrid-PT	9 nov y 15 mayo	Fin clases Cuatrimestre	22 diciembre	12 mayo
			Fin clases Semicuatrimestre	28 oct / 22 dic	17 marzo / 12 mayo
	Fiestas nacionales y CAM		Exámenes asignaturas Semicuatr. Semana 8	28 oct -4 noviembre	20-24 marzo
			Exámenes ordinarios	12-25 enero	22 - 31 mayo
			Exámenes extraordinarios	13-23 junio	

TFM	Periodos Defensa	Fecha Máx.Matrícula	Periodos Defensa
	Febrero-Marzo	30-nov-22	9 febrero - 10 marzo
	Junio-Julio	31-mar-23	19 junio - 14 julio
	Septiembre	31-mar-23	4-29 septiembre

Otras fechas	C1	C2
Encuestas semicuatrimestre 1	Semana 7	Semana 7
Encuestas semicuat. 2 y resto	Semana 14	Semana 14
Cierre actas examenes ordinarios	08-feb	12-jun
Cierre actas examenes extraord.	07-jul	
Ceremonias Graduación	10-14 julio	

Actualizado 11.01.22

Aprobación Cº de Gobierno Febrero 2022

Primer cuatrimestre: 12 de septiembre de 2022 a 21 de diciembre de 2022
Período de exámenes: 9 a 25 de enero de 2023

Segundo cuatrimestre: 30 de enero de 2023 a 12 de mayo de 2023
Período de exámenes: 16 a 31 de mayo de 2023

10. INFORMACIÓN DE INTERÉS

Se recogen a continuación algunos enlaces que pueden resultar de interés.

European Master of Science in Nuclear Fusion and Engineering Physics:
https://www.em-master-fusion.org/
La matrícula es online, y está coordinada por la universidad de Aix-Marseille. Para el curso 2023-2024 el plazo de solicitudes abre el 15 de noviembre de 2022 y cierra el 15 de febrero de 2023.

https://www.ucm.es/estudios/master-emfisicanuclear
http://nuclear.fis.ucm.es/masterfusion/
https://www.uc3m.es/master/master-nuclear-fusion
Contacto: lmfraile@ucm.es

Información general:
Normativa: https://www.ucm.es/matricula-estudios-oficiales
http://www.ucm.es/normativa
http://www.ucm.es/master

Secretaría de la Facultad de CC. Físicas: https://fisicas.ucm.es/secretaria-de-estudiantes
Unidad de Igualdad UCM: https://www.ucm.es/unidad-de-igualdad
Defensora Universitaria: https://www.ucm.es/defensora-universitaria

11. CONTROL DE VERSIONES

Versión 1.0 – Primera versión mayo 2022.

Versión 2.0 – Versión aprobada en Junta de Facultad del 29/06/2022