Curso | 2025-2026

Guía Docente del Grado en Física



Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid

Las correcciones de erratas y otras novedades se irán actualizando en las fichas individuales de cada asignatura, cuyos enlaces se encuentran en el índice de este documento, y en otros documentos que se pueden consultar en la página https://fisicas.ucm.es/grado-en-fisica

La versión inicial de las fichas de la **Guía Docente del Grado en Física** fueron aprobadas en la Junta de Facultad del 30 de junio de 2025.

El calendario de exámenes del curso se publica en https://fisicas.ucm.es/examenes

Tabla de contenido

1. Estructura del Plan de Estudios **6**
Distribución de asignaturas por cursos y semestres, módulos y materias 6
Adquisición de competencias 12

2. Periodos de clases y exámenes, festividades y días no lectivos **14**

3. Calendario Docente **14**

4. Cuadros Horarios del Grado en Física **14**

5. Horarios Doble Grado Matemáticas - Física **14**

6. Fichas de las asignaturas **15**

Fichas de las asignaturas de primer curso
Fundamentos de Física I
Matemáticas
Química
Laboratorio de Computación Científica
Fundamentos de Física II
Cálculo
Álgebra
Laboratorio de Física I
English Files for First Year Subjects
Physics Fundamentals I
Mathematics
Chemistry
Scientific Computer Laboratory
Physics Fundamentals II
Calculus
Algebra
Physics Laboratory I
Fichas de las asignaturas de segundo curso
Mecánica Clásica
Termodinámica
Electromagnetismo I
Métodos Matemáticos I
Óptica
Electromagnetismo II
Física Cuántica I
Métodos Matemáticos II

Laboratorio de Física II
English Files for Second Year Subjects
Classical Mechanics
Thermodynamics
Electromagnetism I
Mathematical Methods I
Optics
Electromagnetism II
Quantum Physics I
Mathematical Methods II
Physics Laboratory II
Fichas de las asignaturas de tercer curso
Física Cuántica II
Física Estadística
Laboratorio de Física III
Astrofísica
Física de Materiales
Mecánica de Medios Continuos
Física Computacional
Historia de la Física
Física del Estado Sólido
Estructura de la Materia
Termodinámica del No-Equilibrio
Mecánica Cuántica
Física de la Atmósfera
Física de la Tierra
Instrumentación Electrónica
Estadística y Análisis de Datos
Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial
English Files for Third Year Subjects
Quantum Physics II
Statistical Physics
Physics Laboratory III
Astrophysics
Solid State Physics
Structure of Matter
Non-Equilibrium Thermodynamics
Quantum Mechanics
Differential Geometry and Tensor Calculus
Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Fundamental)
Física Atómica y Molecular
Electrodinámica Clásica
Astrofísica Estelar
Astronomía Observacional
Relatividad General y Gravitación

Física Nuclear
Interacción Radiación-Materia
Mecánica Teórica
Campos Cuánticos
Simetrías y Grupos en Física
Astrofísica Extragaláctica
Cosmología
Plasmas y Procesos Atómicos
Partículas Elementales
Física de la Materia Condensada
Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos
Coherencia Óptica y Láser

Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Aplicada)

Fotónica
Electrónica Física
Sistemas Dinámicos y Realimentación
Fenómenos de Transporte
Electrónica Analógica y Digital
Propiedades Físicas de los Materiales
Métodos Experimentales en Física del Estado Sólido
Fundamentos de Meteorología
Geomagnetismo y Gravimetría
Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica
Dispositivos de Instrumentación Óptica
Energía y Medio Ambiente
Nanomateriales
Física de Materiales Avanzados
Bases Físicas del Cambio Climático
Sismología y Estructura de la Tierra
Geofísica y Meteorología Aplicadas

Prácticas/Tutorías y TFGs

Prácticas en Empresa / Tutorías
Trabajo Fin de Grado

1. Estructura del Plan de Estudios

Distribución de asignaturas por cursos y semestres, módulos y materias

El Grado en Física se organiza en 4 cursos académicos, cada uno de 60 créditos ECTS, desglosados en 8 semestres. Hay dos itinerarios formativos: Itinerario de Física Fundamental e Itinerario de Física Aplicada. El estudiante tiene que elegir obligatoriamente uno de los dos, lo que supone tener que cursar todas las asignaturas obligatorias del itinerario escogido y las correspondientes asignaturas optativas, según se explica a continuación. Los dos primeros años y cinco asignaturas del tercero son comunes, y en tercer y cuarto año se cursan las asignaturas específicas de cada itinerario.

Se deben superar 186 ECTS obligatorios y 54 optativos distribuidos de la siguiente forma:

- **60 ECTS** del denominado Módulo de **Formación Básica**, que comprende las 8 asignaturas del primer curso: *Fundamentos de Física I*, *Matemáticas*, *Química, Laboratorio de Computación Científica*, *Fundamentos de Física II*, *Cálculo, Álgebra* y *Laboratorio de Física I*.
- **90 ECTS** del Módulo de **Formación General**, que se imparte en segundo y tercer año, y abarca:

  60 ECTS correspondientes a las 9 asignaturas de segundo: *Mecánica Clásica*, *Termodinámica*, *Electromagnetismo I*, *Métodos Matemáticos I*, *Física Cuántica I, Óptica*, *Electromagnetismo II*, *Métodos Matemáticos II* y *Laboratorio de Física II*.

  Los 30 ECTS de las 5 asignaturas obligatorias de tercero comunes a ambos itinerarios: *Física Cuántica II*, *Física Estadística*, *Física del Estado Sólido*, *Estructura de la Materia* y *Laboratorio de Física III*.
- **30 ECTS** correspondientes a las **5 asignaturas obligatorias de cada itinerario**, que se imparten durante el tercer y cuarto año.

  Para el Itinerario de Física Fundamental:

  Astrofísica, *Termodinámica del No Equilibrio* y *Mecánica Cuántica* en tercer curso, y *Física Atómica y Molecular* y *Electrodinámica Clásica* en cuarto curso.

  Para el Itinerario de Física Aplicada:

  Física de Materiales, Física de la Atmósfera y *Física de la Tierra* en tercer curso, y *Fotónica* y *Electrónica Física* en cuarto curso.
- **54 ECTS** equivalentes a **9 asignaturas optativas** distribuidas de la siguiente forma:

  30 ECTS correspondientes a 5 asignaturas optativas específicas del itinerario escogido. Se recomienda cursar estas 5 optativas en cuarto curso.

  12 ECTS correspondientes a 2 asignaturas obligatorias del otro itinerario o de la materia de Formación Transversal, que agrupa estas 6 asignaturas: *Mecánica de Medios Continuos*, *Física Computacional*, *Historia de la Física*, *Instrumentación Electrónica*, *Estadística y Análisis de Datos* y *Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial*. Se recomienda cursar estas 2 optativas en tercer curso.

  12 ECTS correspondientes a 2 asignaturas optativas cualesquiera, sean optativas del itinerario de Física Fundamental o de Física Aplicada, asignaturas obligatorias del itinerario contrario, asignaturas de Formación Transversal o la asignatura Prácticas en Empresa/Tutorías. También podrían sustituirse 6 de estos 12 ECTS como reconocimiento de créditos por actividades universitarias contempladas en la normativa vigente[1]. Se recomienda cursar estas 2 optativas en cuarto curso.
- **6 ECTS** del **Trabajo Fin de Grado**.

A continuación se muestra la distribución esquemática de asignaturas por cursos y semestres. La distribución de optativas en tercer y cuarto curso es orientativa, si bien es recomendable no cursar optativas de cuarto año sin haber superado la mayor parte del tercer curso.

Resumiendo, todo estudiante debe superar el **Módulo de Formación Básica** (asignaturas de primer curso en color marrón), el **Módulo de Formación General** (color rojo, segundo y tercer cursos) y el **Trabajo Fin de Grado**, además de las **5 asignaturas obligatorias de tercer y cuarto curso del itinerario escogido** (azul para Física Fundamental, verde para Física Aplicada), y **9 optativas a distribuir entre tercer y cuarto curso con los requisitos anteriores** (las asignaturas de la materia de Formación Transversal son las de color amarillo que se han puesto de modo orientativo en tercero).

[1] BOUC num. 18 del 8/9/2016

Primer curso del Grado en Física UCM

1er semestre	2º semestre
Fundamentos de Física I (9 ECTS)	Fundamentos de Física II (9 ECTS)
Matemáticas (9 ECTS)	Cálculo (7.5 ECTS)
Química (6 ECTS)	Álgebra (7.5 ECTS)
Lab. de Comp. Científica (6 ECTS)	Laboratorio de Física I (6 ECTS)

Segundo curso del Grado en Física UCM

1er semestre	2º semestre
Mecánica Clásica (7,5 ECTS)	Óptica (7,5 ECTS)
Termodinámica (7,5 ECTS)	Física Cuántica I (6 ECTS)
Electromagnetismo I (6 ECTS)	Electromagnetismo II (6 ECTS)
Métodos Matemáticos I (6 ECTS)	Métodos Matemáticos II (6 ECTS)
Laboratorio de Física II (3+4.5 ECTS)	

Tercer curso (Física Fundamental)

1er semestre	2º semestre
Física Estadística	Física del Estado Sólido
Física Cuántica II	Estructura de la Materia
Laboratorio de Física III	Termodinámica del No Equilibrio
Astrofísica	Mecánica Cuántica
2 optativas entre las siguientes 6 transversales (*):	
Mecánica de Medios Continuos Física Computacional Historia de la Física	Instrumentación Electrónica Estadística y Análisis de Datos Geometría Diferencial y C. Tensorial

(*) Se puede sustituir una o dos de estas asignaturas optativas por obligatorias del itinerario de Física Aplicada

Tercer curso (Física Aplicada)

1er semestre	2º semestre
Física Estadística	Física del Estado Sólido
Física Cuántica II	Estructura de la Materia
Laboratorio de Física III	Física de la Atmósfera
Física de Materiales	Física de la Tierra
2 optativas entre las siguientes 6 transversales (*):	
Mecánica de Medios Continuos Física Computacional Historia de la Física	Instrumentación Electrónica Estadística y Análisis de Datos Geometría Diferencial y C. Tensorial

(*) Se puede sustituir una o dos de estas asignaturas optativas por obligatorias del itinerario de Física Fundamental

Cuarto curso (Física Fundamental)

1er semestre	2º semestre
Física Atómica y Molecular	Trabajo de Fin de Grado
Electrodinámica Clásica	
Asignaturas optativas de Física Fundamental:	
Mecánica Teórica Campos Cuánticos Simetrías y Grupos en Física Astrofísica Estelar Astronomía Observacional Relatividad General y Gravitación Física Nuclear Interacción Radiación-Materia	Coherencia Óptica y Laser Transiciones de Fase y Fen. Críticos Astrofísica Extragaláctica Cosmología Plasmas y Procesos Atómicos Partículas Elementales Física de la Materia Condensada
El estudiante debe cursar AL MENOS 5 asignaturas entre estas optativas. El resto de optativas se pueden elegir según lo especificado en el texto, recordando que puede cursarse:	Prácticas en Empresa / Tutorías

Cuarto curso (Física Aplicada)

1er semestre	2º semestre
Fotónica	Trabajo de Fin de Grado
Electrónica Física	
Asignaturas optativas de Física Aplicada:	
Sistemas Dinámicos y Realimentación Fenómenos de Transporte Electrónica Analógica y Digital Propiedades Físicas de los Materiales Métodos Experimentales en F. del E. S. Fundamentos de Meteorología Geomagnetismo y Gravimetría	Dispositivos Electrónicos y Nanoelec. Dispositivos de Instrument. Óptica Energía y Medio Ambiente Nanomateriales Física de los Materiales Avanzados Bases Físicas del Cambio Climático Sismología y Estructura de la Tierra Geofísica y Meteorología Aplicadas
El estudiante debe cursar AL MENOS de 5 asignaturas entre estas optativas. El resto de optativas se pueden elegir según lo especificado en el texto, recordando que puede cursarse:	Prácticas en Empresa / Tutorías

De forma más detallada, el Plan de Estudios del Grado está estructurado en módulos (unidades organizativas que incluyen una o varias materias), materias (unidades didácticas, casi todas divididas en varias asignaturas) y asignaturas. En total, hay 6 módulos: 3 obligatorios para todos los estudiantes (Formación Básica, Formación General y Trabajo Fin de Grado), uno específico del Itinerario de Física Fundamental, otro específico del Itinerario de Física Aplicada y un Módulo Transversal optativo.

A continuación se describen brevemente los diferentes módulos:

- **Módulo de Formación Básica** (obligatorio, 60 ECTS). Se cursa durante el primer curso académico. Las 8 asignaturas incluidas en este módulo proporcionan los conocimientos básicos en Física, Matemáticas, Química, Informática y Técnicas Experimentales, que son necesarios para poder abordar los módulos más avanzados de los cursos siguientes.

- **Módulo de Formación General** (obligatorio, 90 ECTS). Constituye el núcleo de la titulación y se imparte durante el segundo y tercer año. Consta de las siguientes materias:
  - Física Clásica (34.5 ECTS), que proporciona los conocimientos fundamentales de Mecánica Clásica, Termodinámica, Óptica, y Electromagnetismo.
  - Física Cuántica y Estadística (30 ECTS), que suministra una formación esencial en Física Cuántica, Física Estadística, Física del Estado Sólido, y Estructura de la Materia.
  - Métodos Matemáticos de la Física (12 ECTS), que proporciona conocimientos matemáticos necesarios para la Física.
  - Laboratorio de Física (13.5 ECTS), que forma al estudiante en las principales técnicas experimentales en Mecánica, Termodinámica, Óptica, Electromagnetismo y Física Cuántica.
- **Módulo de Física Fundamental**. Se imparte durante el tercer y cuarto año y consta de cuatro materias (una de ellas obligatoria y tres optativas):
  - Materia Obligatoria de Física Fundamental (30 ECTS), que proporciona conocimientos introductorios en Astrofísica, Termodinámica del No Equilibrio, Mecánica Cuántica, Física Atómica y Molecular, y Electrodinámica Clásica.
  - Materias optativas: Astrofísica y Cosmología, Estructura de la Materia, y Física Teórica.
- **Módulo de Física Aplicada**. Se imparte durante el tercer y cuarto año y consta de cuatro materias (una de ellas obligatoria y tres optativas):
  - Materia Obligatoria de Física Aplicada (30 ECTS), que proporciona conocimientos introductorios en Física de Materiales, Física de la Atmósfera, Física de la Tierra, Fotónica, y Electrónica.
  - Materias optativas: Electrónica y Procesos Físicos, Física de Materiales, y Física de la Atmósfera y de la Tierra.
- **Módulo Transversal**. Se imparte durante tercero y cuarto y consta de dos materias optativas:
  - Materia de Formación Transversal.
  - Prácticas en Empresa/Tutorías.

En las tablas siguientes se muestran las asignaturas del Plan de Estudios indicando la materia y el módulo al que pertenecen. [Las abreviaturas que se utilizan para el 'Tipo' son: OB = Asignatura obligatoria, oI = Asignatura obligatoria de itinerario y OP = Asignatura optativa].

Asignaturas del Plan de Estudios

Código	**Primer curso**	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
800490	Fundamentos de Física I	Física	Formación Básica	OB	9
800491	Fundamentos de Física II			OB	9
800497	Laboratorio de Física I			OB	6
800492	Matemáticas	Matemáticas		OB	9
800493	Cálculo			OB	7.5
800494	Álgebra			OB	7.5
800495	Química	Química		OB	6
800496	Laboratorio de Computación Científica	Informática		OB	6

Código	**Segundo curso**	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
800498	Mecánica Clásica	Física Clásica	Formación General	OB	7.5
800499	Termodinámica			OB	7.5
800500	Óptica			OB	7.5
800501	Electromagnetismo I			OB	6
800502	Electromagnetismo II			OB	6
800503	Física Cuántica I	Física Cuántica y Estadística		OB	6
800504	Métodos Matemáticos I	Métodos Matemáticos de la Física		OB	6
800505	Métodos Matemáticos II			OB	6
800506	Laboratorio de Física II	Laboratorio de Física		OB	7.5

Código	**Tercer curso**	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
800513	Física Cuántica II	Física Cuántica y Estadística	Formación General	OB	6
800514	Física Estadística			OB	6
800515	Física del Estado Sólido			OB	6
800516	Estructura de la Materia			OB	6
800517	Laboratorio de Física III	Laboratorio de Física		OB	6
800507	Astrofísica	Obligatoria de Física Fundamental	Física Fundamental	oI	6
800508	Termodinámica del No Equilibrio			oI	6
800509	Mecánica Cuántica			oI	6
800510	Física de Materiales	Obligatoria de Física Aplicada	Física Aplicada	oI	6
800511	Física de la Atmósfera			oI	6
800512	Física de la Tierra			oI	6
800518	Mecánica de Medios Continuos	Formación Transversal	Transversal	OP	6
800519	Instrumentación Electrónica			OP	6
800520	Física Computacional			OP	6
800521	Estadística y Análisis de Datos			OP	6
800522	Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial			OP	6
800523	Historia de la Física			OP	6

Código	**Cuarto curso**	Materia	Módulo	Tipo	ECTS
800524	Física Atómica y Molecular	Obligatoria de Física Fundamental	Física Fundamental	oI	6
800525	Electrodinámica Clásica			oI	6
800529	Astrofísica Estelar	Astrofísica y Cosmología		OP	6
800530	Astrofísica Extragaláctica			OP	6
800531	Astronomía Observacional			OP	6
800532	Cosmología			OP	6
800533	Relatividad General y Gravitación			OP	6
800534	Plasmas y Procesos Atómicos	Estructura de la Materia		OP	6
800535	Física Nuclear			OP	6
800536	Partículas Elementales			OP	6
800537	Física de la Materia Condensada			OP	6
800538	Interacción Radiación-Materia			OP	6
800539	Mecánica Teórica	Física Teórica		OP	6
800540	Campos cuánticos			OP	6
800541	Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos			OP	6
800542	Simetrías y Grupos en Física			OP	6
800543	Coherencia Óptica y Láser			OP	6
800526	Fotónica	Obligatoria de Física Aplicada	Física Aplicada	oI	6
800527	Electrónica Física			oI	6
800544	Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica	Electrónica y Procesos Físicos		OP	6
800545	Sistemas Dinámicos y Realimentación			OP	6
800546	Dispositivos de Instrumentación Óptica			OP	6
800547	Fenómenos de Transporte			OP	6
800548	Electrónica Analógica y Digital			OP	6
800549	Energía y Medio Ambiente			OP	6
800550	Propiedades Físicas de los Materiales	Física de Materiales		OP	6
800551	Nanomateriales			OP	6
800552	Física de Materiales Avanzados			OP	6
800553	Métodos Experim. en F. del Estado Sólido			OP	6
800554	Bases Físicas del Cambio Climático	Física de la Atmósfera y de la Tierra		OP	6
800555	Fundamentos de Meteorología			OP	6
800556	Sismología y Estructura de la Tierra			OP	6
800557	Geomagnetismo y Gravimetría			OP	6
800558	Geofísica y Meteorología Aplicadas			OP	6
800559	Prácticas en Empresas / Tutorías		Transversal	OP	6
800528	Trabajo Fin de Grado	Tr. Fin de Grado	Tr. Fin de Grado	OB	6

Adquisición de competencias

El Documento de Verificación de esta titulación especifica las competencias que deben adquirir los estudiantes en cada uno de los módulos de que consta. El desglose de las asignaturas en que se adquiere cada una de dichas competencias se detalla en la tabla adjunta (acordado por la Comisión de Calidad del Grado, consultados los respectivos coordinadores de módulo y profesores involucrados).

Las siguientes son las Competencias Generales

CG1: Capacidad de análisis y síntesis
CG2: Capacidad de organización y planificación
CG3: Resolución de problemas
CG4: Trabajo en equipo
CG5: Aprendizaje autónomo
CG6: Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
CG7: Razonamiento crítico
CG8: Adaptación a nuevas situaciones
CG9: Capacidad de gestión de la información
CG10: Toma de decisiones
CG11: Comunicación oral y/o escrita
CG12: Iniciativa y espíritu emprendedor

Siendo las competencias específicas de este título, según su Documento de Verificación las siguientes:

CE1: Conocimiento y comprensión de las teorías físicas más importantes. (Poseer un buen nivel de comprensión de las teorías físicas más importantes, su estructura lógica y matemática, el apoyo basado en los resultados experimentales, y la descripción de los fenómenos físicos que dichas teorías explican).

CE2: Capacidad de valoración de órdenes de magnitud. (Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud en situaciones que, siendo físicamente diferentes, muestran sin embargo analogías formales, permitiendo así el uso de soluciones conocidas para nuevos problemas).

CE3: Capacidad de cálculo matemático. (Comprender y dominar el uso de los métodos matemáticos más comúnmente utilizados en la Física).

CE4: Capacidad de modelización de procesos. (Ser capaz de identificar lo esencial de un proceso o situación y de proponer un modelo de trabajo del mismo. Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas para simplificar el problema. Adquirir habilidades para construir modelos físicos que describan y expliquen situaciones en ámbitos diversos).

CE5: Capacidad de diseño, medida e interpretación de experiencias en el laboratorio y en el entorno. (Ser capaz de realizar experimentos de forma independiente, así como describir, analizar y evaluar críticamente los resultados experimentales. Familiarizarse con las técnicas experimentales más importantes en Física).

CE6: Capacidad de resolución de problemas. (Ser capaz de enfrentarse a la resolución de problemas propios de la Física, haciendo uso de herramientas informáticas cuando sea necesario. Se capaz de utilizar o desarrollar sistemas de computación o programas para procesar la información, hacer cálculo numérico, presentar resultados, etc.).

CE7: Capacidad de aprender a aprender. (Ser capaz de iniciarse en nuevos campos a través de estudios independientes).

CE8: Búsqueda de bibliografía y otras fuentes de información. (Ser capaz de buscar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos. Familiarizarse con la búsqueda de recursos en internet).

CE9: Capacidad para elaborar proyectos de desarrollo tecnológico y/o de iniciación a la investigación. (Ser capaz de diseñar, ejecutar y comunicar un Proyecto Fin de Grado de naturaleza investigadora o tecnológica relacionado con las distintas salidas profesionales de la Física).

CE10: Capacidad de transmitir conocimientos. (Ser capaz de comunicar de forma clara a la sociedad, tanto en ámbitos docentes como no docentes, y con criterios éticos, la ciencia y sus aplicaciones, como parte fundamental de la cultura).

Detalle de la adquisición de competencias por asignaturas

código	Asignatura	curso	Competencias Generales											Competencias Específicas										Módulo y materia
			CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	CG9	CG10	CG11	CG12	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8	CE9	CE10	
			X	X	X	X		X	X				X		X	X	X		X	X					Formación Básica
800490	Fundamentos de Física I	1	X	X	X				X				X		X	X	X			X					Física
800491	Fundamentos de Física II	1	X	X	X				X				X		X	X	X			X					Física
800497	Laboratorio de Física I	1	X	X	X			X	X				X		X	X	X			X					Física
800492	Matemáticas	1	X	X	X	X			X				X				X								Matemáticas
800493	Cálculo	1	X	X	X				X				X				X								Matemáticas
800494	Álgebra	1	X	X	X				X				X				X								Matemáticas
800495	Química	1	X	X	X				X				X			X	X		X						Química
800496	Lab. de Computación Científica	1	X	X	X			X	X				X				X			X					Informática
			X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X				Formación General
800498	Mecánica Clásica	2	X	X	X		X		X		X		X		X	X	X	X		X	X				Física Clásica
800499	Termodinámica	2	X	X	X		X		X		X		X		X	X	X	X		X	X				Física Clásica
800501	Electromagnetismo I	2	X	X	X		X		X		X		X		X	X	X	X		X	X				Física Clásica
800500	Óptica	2	X	X	X		X		X		X		X		X	X	X	X		X					Física Clásica
800502	Electromagnetismo II	2	X	X	X		X		X		X		X		X	X	X	X		X	X				Física Clásica
800503	Física Cuántica I	2	X	X	X		X		X		X		X		X	X	X	X		X	X				F. Cuántica y Estadística
800513	Física Cuántica II	3	X	X	X		X		X		X		X		X	X	X	X		X	X				F. Cuántica y Estadística
800514	Física Estadística	3	X	X	X		X		X		X		X		X	X	X	X		X					F. Cuántica y Estadística
800515	Física del Estado Sólido	3	X	X	X		X		X		X		X		X	X	X	X		X					F. Cuántica y Estadística
800516	Estructura de la Materia	3	X		X		X		X						X	X		X	X	X					F. Cuántica y Estadística
800506	Laboratorio de Física II	2	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X				Laboratorio de Física
800517	Laboratorio de Física III	3	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X					Laboratorio de Física
800504	Métodos Matemáticos I	2	X	X	X			X	X		X		X				X			X	X				Mét. Matemáticos de la F.
800505	Métodos Matemáticos II	2	X	X	X		X		X				X				X			X					Mét. Matemáticos de la F.
			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	Transversal
800518	Mecán. de los Medios Contínuos	3	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X		X	Formación Transversal
800520	Física Computacional	3	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X		X	Formación Transversal
800523	Historia de la Física	3	X	X			X		X		X		X	X	X						X	X		X	Formación Transversal
800519	Instrumentación Electrónica	3	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	Formación Transversal
800521	Estadística y Análisis y de Datos	3	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X		X	Formación Transversal
800522	Geom. Diferencial y Cálc. Tensori	3	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X		X	Formación Transversal
800559	Prácticas en Empresas/Tutorías	4	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X		X	X	X		X	Prácticas en Empresas/Tutorías
			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Física Fundamental
800507	Astrofísica	3	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Oblig. Física Fundamental
800508	Termodinámica del no Equilibrio	3	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Oblig. Física Fundamental
800509	Mecánica Cuántica	3	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	Oblig. Física Fundamental
800524	Física Atómica y Molecular	4	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Oblig. Física Fundamental
800525	Electrodinámica Clásica	4	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Oblig. Física Fundamental
800529	Astrofísica Estelar	4	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	Astrofísica y Cosmología
800530	Astrofísica Extragaláctica	4	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Astrofísica y Cosmología
800531	Astronomía Observacional	4	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Astrofísica y Cosmología
800532	Cosmología	4	X	X	X		X		X	X	X	X	X		X		X	X		X		X		X	Astrofísica y Cosmología
800533	Relatividad General y Gravitación	4	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X		X	X		X		X		X	Astrofísica y Cosmología
800534	Plasmas y Procesos Atómicos	4	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Estructura de la Materia
800535	Física Nuclear	4	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	Estructura de la Materia
800536	Particulas Elementales	4	X	X	X	X	X		X		X		X		X		X	X		X		X		X	Estructura de la Materia
800537	Física de la Materia Condensada	4	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Estructura de la Materia
800538	Interacción Radiación-Materia	4	X		X		X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Estructura de la Materia
800539	Mecánica Teórica	4	X	X	X		X		X				X		X	X	X	X		X	X	X		X	Física Teórica
800540	Campos Cuánticos	4	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Física Teórica
800541	Trans. de Fase y Fenóm. Críticos	4	X			X	X		X	X			X				X					X			Física Teórica
800542	Simetrías y Grupos en Física	4	X	X	X		X		X	X	X		X		X		X	X		X		X		X	Física Teórica
800543	Coherencia Óptica y Láser	4	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Física Teórica
			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Física Aplicada
800510	Física De Materiales	3	X	X	X		X		X	X					X	X				X	X	X			Oblig. Física Aplicada
800511	Física de la Atmósfera	3	X		X		X		X		X		X		X	X	X			X					Oblig. Física Aplicada
800512	Física de la Tierra	3	X		X		X	X			X		X		X	X	X		X	X		X			Oblig. Física Aplicada
800526	Fotónica	4	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Oblig. Física Aplicada
800527	Electrónica Física	4	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Oblig. Física Aplicada
800544	Dispositivos Electrónicos y Nanoe	4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Electrónica y Procesos Físicos
800545	Sistemas Dinámicos y Realimenta	4	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Electrónica y Procesos Físicos
800546	Dispositivos de Instrum. Óptica	4	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Electrónica y Procesos Físicos
800547	Fenómenos de Transporte	4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Electrónica y Procesos Físicos
800548	Electrónica Analógica y Digital	4	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X		X		X	Electrónica y Procesos Físicos
800549	Energía y Medio Ambiente	4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Electrónica y Procesos Físicos
800550	Propiedades Fís. de los Materiales	4	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Física de Materiales
800551	Nanomateriales	4	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Física de Materiales
800552	Física de Materiales Avanzados	4	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	Física de Materiales
800553	Métodos Exp. en F. Estado Sólido	4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Física de Materiales
800554	Meteorología Dinámica	4	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X		X	F. de la Atmósfera y de la Tierra
800555	Termodinámica de la Atmósfera	4	X		X		X	X	X		X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	F. de la Atmósfera y de la Tierra
800556	Sismología y Estructura de la Tier	4	X	X	X		X	X			X		X		X	X	X	X	X	X		X		X	F. de la Atmósfera y de la Tierra
800557	Geomagnetismo y Gravimetría	4	X		X		X				X		X		X	X	X			X		X		X	F. de la Atmósfera y de la Tierra
800558	Geofísica y Meteorología Aplicada	4	X		X			X					X		X		X			X					F. de la Atmósfera y de la Tierra
			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X		X	X	X	X	Trabajo Fin de Grado
800528	Trabajo Fin de Grado	4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X		X	X	X	X	Trabajo Fin de Grado
			CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	CG9	CG10	CG11	CG12	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8	CE9	CE10	
			Competencias Generales												Competencias Específicas										

Casillas marcadas en amarillo indican las competencias marcadas por el verifica de la titulación para cada módulo.
Resto de casillas indican las competencias asumidas por cada asignatura.

2. Enlace: Periodos de clases y exámenes, festividades y días no lectivos

3. Enlace: Calendario Docente

4. Enlace: Cuadros Horarios del Grado en Física y Doble Grado Matemáticas - Física

La estrecha relación entre matemáticas y física requiere poca presentación. En física, las matemáticas han tenido siempre uno de sus ámbitos óptimos de aplicación e inspiración. Para la física las matemáticas son el lenguaje natural y herramienta básica. El que las dos titulaciones compartan cerca del 50% de contenidos, junto con sus múltiples puntos de contacto y afinidades, ha animado tradicionalmente a muchos estudiantes a obtener ambas titulaciones.

A raíz de esta demanda, el doble grado en Matemáticas y Física no se constituye como una titulación diferenciada, sino como un compromiso de las dos facultades involucradas por facilitar a estos alumnos la obtención de ambas titulaciones simultáneamente. Desde el punto de vista práctico, ello supone un esfuerzo de ambos centros por armonizar su organización para ofrecerles compatibilidad de horarios y actividades. Desde el punto de vista administrativo, se les evita la necesidad de convalidar estudios parciales de una titulación en la otra. Al mismo tiempo, el diseño del doble grado es una guía para su formación, marcando las asignaturas recomendadas que evitan redundancias y garantizan su completa formación en ambas áreas. Adicionalmente el doble grado está diseñado de modo que permite a los estudiantes cursar los 360 créditos de que consta en sólo 5 años, en lugar de los 6 que tardarían al ritmo habitual de 60 créditos por curso.

Los títulos de Grado en Matemáticas y Física se adaptan al R.D. 1393/2007 de 29 de octubre por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. Ambos Grados fueron verificados positivamente por la ANECA en resolución de 8 de junio de 2009. Todos los detalles sobre la estructura del doble grado pueden consultarse en el enlace http://fisicas.ucm.es/estudios/grado-matematicasyfisica-estudios-estructura. Todos los detalles sobre las asignaturas y actividades cursadas en cada una de las dos titulaciones pueden consultarse en las respectivas páginas web de ambos centros: fisicas.ucm.es y www.mat.ucm.es

En la facultad de CC Físicas los alumnos de Doble Grado se integran dentro de los mismos grupos que el resto de alumnos del Grado en Física. Ello supuso en su momento un cuidadoso diseño y en la actualidad un permanente esfuerzo para compatibilizar horarios y calendarios entre ambos centros. En concreto los grupos del Grado en Física adaptados para este fin son:

En primer curso los grupos B, C y E para las asignaturas del módulo de Formación Básica.

En segundo curso los grupos A, B y D para las asignaturas del módulo de Formación General.

En tercer curso varios grupos para las diversas asignaturas de los módulos “Formación General”, “Física Fundamental”, “Física Aplicada”, y “Transversal” según se detalla a continuación.

En cuarto curso hay al menos tres grupos para las asignaturas obligatorias en cada orientación, y grupos únicos para la mayoría de las optativas y en todas ellas se hace un esfuerzo de coordinación de horarios para facilitar su compatibilidad con las asignaturas seguidas en Matemáticas.

Fichas de las Asignaturas

Desde el curso 2018-19 la Facultad ofrece grupos en inglés en determinadas asignaturas. En el curso 2025-26 se ofrece un grupo en inglés (grupo B) en todas las asignaturas obligatorias, en las asignaturas obligatorias del itinerario de Física Fundamental de tercer curso y en la asignatura optativa "Geometria Diferencial y Cálculo Tensorial". El grupo en inglés de cada uno de esos cursos es el B.

Para poder matricularse en estos grupos los/las estudiantes tendrán que acreditar, mediante los certificados oficiales admitidos por el CSIM y su correspondencia con el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas, el nivel B2 de inglés. En el caso de estudiantes procedentes de países de habla inglesa será suficiente con presentar el pasaporte.

Los **enlaces a las fichas** de cada asignatura se encuentran en el **Índice** de esta Guía Docente.

2. Fichas de las asignaturas de primer curso

Grado en Física (curso 2025-26)

Fundamentos de Física I		Código	800490	Curso	1º	Sem.	1º
Módulo	Formación Básica	Materia	Física	Tipo	obligatorio		

	Total	Teoría	Prácticos
Créditos ECTS	9	4.5	4.5
Horas presenciales	84	39	45

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Manejar los esquemas conceptuales básicos de la Física: partícula, campo, sistema de referencia, energía, momento, leyes de conservación, puntos de vista microscópico y macroscópico, etc.
- Conocer y comprender los fenómenos físicos básicos, incluyendo los relacionados con la mecánica clásica y la termodinámica.
- Iniciarse en la formulación y resolución de problemas físicos sencillos, identificando los principios físicos relevantes y usando estimaciones de órdenes de magnitud.
- Desarrollar una visión panorámica de lo que abarca realmente la Física actual.

Breve descripción de contenidos

Mecánica newtoniana, introducción a la relatividad especial, fluidos ideales, termodinámica.

Conocimientos previos necesarios

Los conocimientos adquiridos de Matemáticas y Física en el Bachillerato.

Profesor/a coordinador/a	Carlos Díaz - Guerra Viejo		Dpto.	FM
	Despacho	02.111.0	e-mail	cdiazgue@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	6	L,M,J, V	9:00 – 10:30	Belén Sotillo Buzarra	Indistintamente	57	T/P	FM
				Pedro Hidalgo Alcalde		27	T/P	FM
B (ing)	7	Tu, Th, Fr	11:00 – 13:00	Carlos Díaz-Guerra Viejo	Complete semester	84	T/E	FM
C	8	L M, J	11:30 – 13:30 11:00 – 13:00	Diana Núñez Escribano	Todo el cuatrimestre	84	T/P	FTA
D	7	L,M,X, J	15:00-16:30	Álvaro Muñoz Noval	Todo el cuatrimestre	42	T/P	FM
				Nevenko Biskup Zaja		42	T/P	
E	8	L,M,X, J	14:30-16:00	Mª Ángeles Gómez Flechoso	Indistintamente	42	T/P	FTA
				Rosa Mª González Barras		42		
F	6	M, X J V	17:30 – 19:00 17:00 – 18:30 16:30 – 18:00	María Pía Zurita Silvestro	Se alternarán a lo largo del semestre	42	T/P	FT
				Oscar del Río García		42	T/T	

T: teoría, P: prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Belén Sotillo Buzarra	X:14:30-16:00 J:15:00-16:00 +3h On line	*bsotillo@ucm.es*	02.107.0
	Pedro Hidalgo Alcalde	L y X. 14:30-16:00 X y V 11:00-12:30	phidalgo@ucm.es	02.121.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Diana Núñez Escribano	M, J: 13.00h-14.30 Resto on-line	dianan01@ucm.es	04.101.0
D	Álvaro Múñoz Noval	L, X. V 13:00-15:00	*almuno06@ ucm.es*	02.107.0 02.205.C
	Nevenko Biskup Zaja	V:9:00-15:00	nbiskup@pdi.ucm.es	03.122.0
E	Mª Ángeles Gómez Flechoso	1er C: L, X: 13.00h-14.30h 2º C: M, J: 12.30h-14.00 Resto on line	magflechoso@ucm.es	00.324.0
	Rosa Mª González Barras	1er C: M y J: 11.00h-14.00h 2º C: J y V: 10:00h-13:00h	barras@fis.ucm.es	04.108.0
F	María Pía Zurita Silvestro	J,V: 14:00-16:00	marzurit@ucm.es	03.311.0
	Oscar del Río García	I, X: 12:00-13:00	oscgar03@ucm.es	03.304.0

Programa de la asignatura

1. **Introducción.** Magnitudes y unidades de medida. Magnitudes escalares y vectoriales. Introducción al cálculo vectorial. Sistemas de coordenadas.
2. **Cinemática.** Vectores velocidad y aceleración. Componentes de la aceleración. Movimiento de translación relativo: transformaciones de Galileo.
3. **Dinámica.** Leyes de Newton: Masa inercial. Momento lineal. Principio de Conservación del Momento lineal. Principio clásico de relatividad. Fuerzas de inercia.
   Momento de una Fuerza y Momento Angular: Movimiento curvilíneo. Momento de una fuerza respecto de un punto. Momento angular. Fuerzas centrales.
4. **Trabajo y Energía.** Energía cinética. Energía potencial. Concepto de gradiente. Fuerzas conservativas. Discusión de curvas de energía potencial. Fuerzas no conservativas y disipación de energía.
5. **Sistemas de partículas. El sólido rígido**. *Momento Lineal y Momento Angular*: Centro de masa de un sistema de partículas. Momento angular de un sistema de partículas. Momento angular orbital e intrínseco. Energía cinética de un sistema de partículas. Conservación de energía de un sistema de partículas. Momento de inercia. Dinámica de rotación de un sólido rígido. Energía de enlace de un sistema de partículas.
6. **Teoría de la relatividad**. Experimento de Michelson-Morley. Transformaciones de Lorentz. Dilatación temporal. Contracción de Lorentz. Sucesos simultáneos. Transformación de velocidades. Definición de Momentum. Energía relativista.
7. **Oscilaciones. Cinemática del oscilador armónico.** Cinemática de movimiento oscilatorio armónico. Fuerza y Energía. El péndulo simple. Composición de movimientos armónicos. Oscilaciones amortiguadas.
8. **Gravitación.** Leyes de Kepler. Ley de gravitación universal. Energía potencial gravitatoria. Campo gravitatorio: líneas de campo, flujo, teorema de Gauss. Potencial gravitatorio. Campo gravitatorio de un cuerpo esférico.
9. **Fluidos.** *Hidrostática*: Presión en un fluido. Principio de Pascal. Principio de Arquímedes. *Dinámica de Fluidos:* Ecuación de Bernouilli. Viscosidad.

10. **Termodinámica.** *Calor y temperatura*: Temperatura y equilibrio térmico. Escalas de temperatura. Ley de los gases ideales. Teoría cinética de los gases. Concepto de calor. Calor específico. Trabajo mecánico. *Primer principio*: Tipos de procesos termodinámicos. Energía interna de un gas ideal. Procesos adiabáticos en un gas ideal. Procesos reversibles e irreversibles. *Segundo principio*: Transformaciones cíclicas monotermas: Segundo Principio de la Termodinámica. Concepto de Entropía.

Bibliografía ordenada alfabéticamente

Básica

- M. Alonso y E. J. Finn, *Física* (Addison-Wesley Iberoamericana, 1995).
- Sears, Zemansky, Young y Freedman, *Física universitaria* (12ª Ed.) (Pearson Educación, México 2009).
- R. A. Serway, *Física***,** 1er vol., 4ª Ed. (McGraw-Hill, Madrid, 2001).
- P. A. Tipler y G. Mosca, *Física***,** 1er vol., 6ª Ed. (Reverté, Barcelona, 2010).

Complementaria

- R. P. Feynman R.P., Leighton R.B. y Sands M., *Física,* (Addison Wesley, 1987)
- R. P. Feynman, *El carácter de la ley física,* (Tusquets, 2000).
- F.A. González, *La física en problemas,* (Tébar, 2000).
- M. Lozano Leyva, *De Arquímedes a Einstein: los diez experimentos más bellos de la física*, (Debate, 2005).
- J.I. Mengual, M.P. Godino y M. Khayet, *Cuestiones y problemas de fundamentos de física*, (Ariel, Barcelona, 2004).
- C. Sánchez del Río, *Los principios de la física en su evolución histórica*, (Ed. Instituto de España, Madrid, 2004).

Recursos en internet

Asignatura en el Campus Virtual

Otros recursos:

- Catálogo de experiencias de cátedra para la docencia de Física General. http://www.ucm.es/centros/webs/oscar
- Curso Interactivo de Física en Internet por Ángel Franco García. http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/
- Curso abierto del MIT. http:/ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/index.htm
- Vídeos del Universo Mecánico de Caltech. http://www.acienciasgalilei.com/videos/video0.htm

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones (3 horas por semana).
- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas (3 horas por semana)

En las lecciones de teoría se utilizará la pizarra y proyecciones con ordenador y transparencias. Ocasionalmente, estas lecciones se verán complementadas por experiencias en el aula o con simulaciones por ordenador y prácticas virtuales, que serán proyectadas en el aula.

Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en la clase, que los encontrará en el campus virtual.

Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entregas de ejercicios tales como problemas resueltos y trabajos específicos.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	75%

Se realizará un examen parcial (a mediados del semestre) y un examen final. El examen parcial

tendrá una estructura similar al examen final y no eliminará materia. La calificación final, relativa a exámenes, N_{Final}, se obtendrá de la mejor de las opciones:

$$N_{Final} = 0.3N_{Ex_Parc} + 0.7N_{Ex_Final}$$

$$N_{Final} = N_{Ex_Final}$$

donde N_{Ex_Parc} es la nota obtenida en el examen parcial y N_{Ex_Final} es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10.

Para aprobar la asignatura, la calificación del examen final (N_{Ex_Final}) habrá de ser ≥ 4.

Los exámenes tendrán una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).

Según acuerdo de la junta de facultad, al menos el 60% de los exámenes parciales y finales de primer curso debe ser común a todos los grupos.

Los exámenes serán comunes a todos los grupos.

Otras actividades	**Peso:**	25%

Las actividades de evaluación continua pueden incluir:

- Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.
- Pequeñas pruebas escritas individuales realizadas durante las clases.
- Test o cuestionarios realizados a través del Campus Virtual.

Calificación final

La calificación final será la mejor de las opciones

$$C_{Final} = 0.75N_{Final} + 0.25N_{OtrasActiv}\,. \qquad C_{Final} = N_{Final}\,.$$

donde $N_{OtrasActiv}$ es la calificación correspondiente a Otras actividades y N_{Final} la obtenida de la realización de exámenes.

La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Matemáticas		Código	800492	Curso	1º	Sem.	1º
Módulo	Formación Básica	Materia	Matemáticas	Tipo	obligatorio		

	Total	Teoría	Prácticos
Créditos ECTS	9	4	5
Horas presenciales	84	34	50

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Consolidar conocimientos previos de matemáticas.
- Desarrollar la capacidad de calcular y manejar límites y derivadas.
- Saber analizar funciones de una variable y localizar sus extremos.
- Saber calcular integrales definidas e indefinidas de funciones de una variable.

Breve descripción de contenidos

Revisión de conceptos básicos en matemáticas, cálculo diferencial e integral en una variable.

Conocimientos previos necesarios

Las matemáticas del bachillerato.

Profesor/a coordinador/a	Víctor Martín Mayor		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.323.3	e-mail	vicmarti@ucm.es

T: teoría, P: prácticas

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	6	L,M,J,V	10:30 – 12:00	Daniel A. Matoz Fernández	Indistintamente	69	T/P	FT
				Álvaro Cendal Garcia		15	P	
B (Inglés)	7	W,Th, Fr	9:00 – 11:00	María Jesús Rodríguez Plaza	Full term	84	T/E	FT
C	8	L M X	9:30 – 11:30 9:00 – 11:00 11:00 - 13:00	Víctor Martín Mayor	Indistintamente	84	T/P	FT
D	7	L,M,X,J	16:30 – 18:00	Cristina Martínez Pérez	Indistintamente	84	T/P	EMFTEL
E	8	L,X M J	17:00 – 18:30 16:00 – 17:30 17:30 – 19:00	María Jesús Rodríguez Plaza	Indistintamente	84	T/P	FT
F	6	M X,J V	15:00 – 16:30 14:30 – 16:00 14:00 – 15:30	África Castillo Morales	Indistintamente	42	T	FTA
				Mariano Sastre Marugán		42	P	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Daniel A. Matoz Fernández	M, : 12:00-14:00 + 3h online	dmatoz@ucm.es	02.324.0
	Álvaro Cendal García	L, X: 11:00-12:00	alvaro27@ucm.es	02.329.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Víctor Martín Mayor	M: 11:30-13:00. X: 9:00-10:30 +3h online	vicmarti@ucm.es	03.323.0
D	Cristina Martínez Pérez	1er semestre M y X: 14:00 – 15:30 + 3h online 2º semestre L y X: 15:00-16:30 +3h online	crismp@ucm.es	03.229.0
E	María Jesús Rodríguez Plaza	M: 10:30-12:30 J: 12:30-14:30 V: 12:00-14:00	mjrplaza@fis.ucm.es	03.309.0
F	África Castillo Morales	M y X: 11.00h-12.30h Resto online	acasmor@fis.ucm.es	00.323.0
	Mariano Sastre Marugán	1er. semestre M,V: 11:15-12:45 2º semestre M,X: 11:15-12:45 Resto online	msastrem@ucm.es	04.231.0

* Resto hasta 6 horas a través del campus virtual, correo electrónico, ...

Programa de la asignatura

- **Repaso de conocimientos previos**. Conjuntos. Lenguaje matemático. Binomio de Newton. Números reales. Desigualdades.
- **Funciones reales**. Funciones inyectivas e inversas. Repaso de funciones elementales: polinomios, exponenciales y logaritmos, trigonometría.
- **Sucesiones de números reales**. Concepto de límite. Cálculo de límites.
- **Límites y continuidad de funciones**. Teoremas sobre funciones continuas en intervalos.
- **Definición y cálculo de derivadas**. Derivadas de funciones elementales. Regla de la cadena. Teoremas sobre funciones derivables.
- **Aplicaciones de la derivada**. Extremos de funciones. Dibujo de gráficas.
- **Series numéricas**. Serie geométrica y su suma. Criterios de convergencia: comparación por desigualdades y paso al límite, Leibniz, cociente, raíz.
- **Series de potencias**: el radio de convergencia, operaciones y derivación. Polinomios y series de Taylor.
- **Cálculo de límites indeterminados**: utilización de la regla de L'Hôpital y los desarrollos de Taylor.
- **Concepto de integral**. Definición. Teoremas fundamentales de cálculo.
- **Cálculo de primitivas**. Integración por partes. Integración de funciones racionales. Cambios de variable. Integración de funciones trigonométricas.
- **Integrales impropias**: intervalo de integración o funciones no acotadas. Criterios de convergencia.

Bibliografía básica

Básica

- *Cálculo*. R. Larson, R. P. Hostetler, B. H. Edwards. Ed. McGraw-Hill.
- *Cálculo diferencial e integral*. J. Stewart. Ed. Internacional Thomson.
- *Calculus*. M. Spivak. Ed. Reverté.

Complementaria

- *Calculus.* T. Apostol. Ed. Reverté.
- *Cálculo (una variable)*. J. Rogawski. Ed. Reverté.
- *Cálculo*. S. Lang. Ed. Addison–Wesley Iberoamericana.
- *Cálculo infinitesimal en una variable*. J. Burgos. Ed. McGraw-Hill.
- *5000 problemas de análisis matemático.* B. P. Demidovich. Ed. Paraninfo.
- Apuntes de Matemáticas. Pepe Aranda

Recursos en Internet

- Se utilizará el Campus Virtual.

Metodología

Las clases de repaso de los conocimientos anteriores serán principalmente de resolución de ejercicios. En el resto de clases la mitad del tiempo será para teoría (incluyendo ejemplos) y la otra mitad para problemas. Los estudiantes dispondrán de los enunciados de estos problemas previamente.

A lo largo del curso se podrán proponer problemas u otras actividades relacionadas con la asignatura para hacer fuera del aula. Problemas o test de contenido similar a lo hecho en clase podrán ser propuestos algún día en el aula y calificados.

Las dudas sobre teoría y problemas de la asignatura podrán ser consultadas en el despacho del profesor en horarios de tutorías.

A mitad de curso se realizará un examen parcial (sobre la primera mitad del programa). En enero será el examen final. Todos serán básicamente de problemas parecidos a los hechos durante el curso. Se proporcionarán enunciados de exámenes de años anteriores.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Se realizará un examen parcial (a mediados del semestre) y un examen final. El examen parcial no eliminará materia. Los contenidos evaluados en el examen parcial pueden ser objeto de evaluación también en el examen final.

La calificación final, relativa a exámenes, E, se obtendrá como:

E=máx(F,0.4*P+0.6*F)

donde P es la calificación obtenida en el examen parcial y F la obtenida en el examen final ordinario, ambas en una escala de 0 a 10. Para aprobar la asignatura, la calificación de F habrá de ser mayor o igual que 4.

En la convocatoria extraordinaria todos los estudiantes deberán examinarse de la asignatura completa. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Según acuerdo de la junta de facultad, al menos el 60% de los exámenes parciales y finales de primer curso debe ser común a todos los grupos.

El 60% de las preguntas será común a todos los grupos tanto en el examen parcial como en los finales.

Otras actividades	**Peso:**	30%

Queda a juicio del profesor de cada grupo cómo calificar estas Otras Actividades: mediante problemas o tests hechos en clase o en casa, individualmente o en grupo, o la asistencia a clase y tutorías, o la participación en otro tipo de actividades académicas.

La calificación, denotada por A, será un número entre 0 y 10.

Calificación final

Si E es la nota de exámenes y A la nota final de otras actividades, la calificación final C_F, siempre y cuando $E \geq 4.5$, vendrá dada por la fórmula

$$C_F = \text{máx}(0.3*A + 0.7*E , E) .$$

La asignatura estará aprobada si $C_F \geq 5$. Si $E < 4.5$ la nota en actas será E.

La calificación final de la convocatoria extraordinaria se obtendrá utilizando la misma fórmula.

Grado en Física (curso 2025-26)

Química		Código	800495	Curso	1º	Sem.	1º
Módulo	Formación Básica	Materia	Química	Tipo	obligatorio		

	Total	Teoría	Prácticas / Laboratorio
Créditos ECTS	6	3	3
Horas presenciales	58	26	20 / 12

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Comprender los conceptos generales de la Química.
- Conocer los mecanismos más relevantes involucrados en las transformaciones químicas de la materia.
- Familiarizarse con las principales estructuras químicas y con las nociones básicas de equilibrio químico, cinética y electroquímica.
- Conocer y asimilar los aspectos de la química relacionados con la Física.

Breve descripción de contenidos

Reacciones químicas, equilibrio químico, electroquímica, cinética química, enlace químico, química orgánica.

Conocimientos previos necesarios

Se recomienda haber cursado las asignaturas de Química, Física y Matemáticas durante el bachillerato.

Asignaturas en cuyo desarrollo influye

Termodinámica; Física de materiales; Física de la atmósfera; Física atómica y molecular.

Profesor/a coordinador/a	Jesús Fernández Castillo			Dpto.	QF
	Despacho	QA241	e-mail	jfernand@ucm.es	
Profesor/a coordinador/a de laboratorio	Cristina Díaz Blanco			Dpto.	QF
	Despacho	QA508	e-mail	crdiaz08@ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	T/P	Dpto.
A	6	M J, V	12:00 – 13:30 12:00 – 13:00	Jesús Fernández Castillo	46	T/P	QF
B (Inglés)	7	Tu We	9:30-11:00 11:00-13:00	Helena Gavilán Rubio	46	T/P	QF
C	8	X J	9:00 – 11:00 9:30 – 11:00	Rubén Ahijado Guzmán	46	T/P	QF
D	7	L,J M	18:00 – 19:00 18:00 – 19:30	Pedro Recio Ibañez	46	T/P	QF
E	8	L,X J	16:00 – 17:00 16:00 – 17:30	Pedro Recio Ibañez	46	T/P	QF
F	6	X J V	16:00 – 17:30 16:00 – 17:00 15:30 – 16:30	Marcin Makowski	46	T/P	QF

T: teoría, P: prácticas o problemas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Jesús Fernández Castillo	M,J: 15:00-18:00	jfernand@ucm.es	QA-241
B (Inglés)	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Rubén Ahijado Guzmán	M,J: 15.00-17.00 X:10:00-13:00	rahijado@ucm.es	QB-233
D	Pedro Recio Ibañez	L,M,X: 11:30-13:30	pedrecio@ucm.es	QA-S25
E	Pedro Recio Ibañez	L,M,X: 11:30-13:30	pedrecio@ucm.es	QA-S25
F	Marcin Makowski	M,J: 11:30-13:00	marmakow@ucm.es	QB-264

Horarios de Laboratorios			Nº sesiones:	4
Grupo	**Días- Horas**	**Profesores**	**email**	
LA1	15:00h-18:00h 07-10-2025, 14-10-2025, 21-10-2025, 28-10-2025	Jesús Fernández Castillo	jfernand@ucm.es	
		Francisco de Asís Gámez	frgamez@ucm.es	
LA2	15:00h-18:00h 04-11-2025, 11-11-2025, 18-11-2025, 25-11-2025	Eduardo Pedraza	epedra02@ucm.es	
		Francisco de Asís Gámez	frgamez@ucm.es	
LB1	15:00h-18:00h 08-10-2025, 15-10-2025, 22-10-2025, 29-10-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Alfredo Casasnovas	acasasno@ucm.es	
LB2	15:00h-18:00h 05-11-2025, 12-11-2025, 19-11-2025, 26-11-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Francisco de Asís Gámez	frgamez@ucm.es	
LC1	15:00h-18:00h 06-10-2025, 13-10-2025, 20-10-2025, 27-10-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Carlos Vega	cvega@quim.ucm.es	
LC2	15:00h-18:00h 03-11-2025, 13-11-2025, 17-11-2025, 24-11-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Sonia Marggi	smarggi@ucm.es	
LD1	09:30h-12:30h 08-10-2025, 15-10-2025, 22-10-2025, 29-10-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		David Veintemillas	davivein@ucm.es	
LD2	09:30h-12:30h 05-11-2025, 12-11-2025, 19-11-2025, 26-11-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Juan José Omiste	jomiste@ucm.es	
LE1	09:30h-12:30h 07-10-2025, 14-10-2025, 21-10-2025, 28-10-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		David Veintemillas	davivein@ucm.es	
LE2	09:30h-12:30h 04-11-2025, 11-11-2025, 18-11-2025, 25-11-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Felipe Zapata	fezapata@ucm.es	
LF1	09:30h-12:30h 06-10-2025, 13-10-2025, 20-10-2025, 27-10-2025	Lucia Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Carlos Vega	cvega@quim.ucm.es	
LF2	09:30h-12:30h 03-11-2025, 13-11-2025, 17-11-2025, 24-11-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Felipe Zapata	fezapata@ucm.es	

Los/las estudiantes que repitan la asignatura y hayan aprobado previamente el laboratorio, deben elegir **el grupo L-NP** (no presencial: se mantiene la calificación con la que se haya aprobado el laboratorio) salvo que justifiquen la necesidad de repetir el laboratorio.

Lugar: Laboratorio Integrado de Experimentación en Química (Facultad de CC Químicas. Planta Baja: Lab. Química General)

Programa de la asignatura	Sem*
1. Estructura atómica. Números cuánticos y orbitales atómicos. Configuración electrónica. La tabla periódica. Propiedades periódicas.	1.5
2. **Enlace químico.** Tipos de enlace. Modelo de Lewis. Enlace covalente. Electronegatividad. Polaridad de los enlaces. Resonancia. RPECV y geometría molecular. El método de enlace de valencia. Hibridación. Teoría de orbitales moleculares. Enlace metálico. Fuerzas intermoleculares. Enlace iónico. Energía reticular. Ciclo de Born-Haber. Tipos de sólidos.	2.5
3. **Estequiometría**. Masas atómicas. El concepto de Mol. Constante de Avogadro. Determinación de fórmulas químicas. Las reacciones y la ecuación químicas. Determinación del reactivo limitante. Disoluciones. Los gases en las reacciones químicas	1.5
4. Cinética química. Velocidad de reacción. Ley de velocidad. Órdenes de reacción y molecularidad. Ecuaciones integradas de velocidad. Ecuación de Arrhenius. Mecanismos de reacción	1.5
5. **Fundamentos del equilibrio químico**. Termoquímica. Espontaneidad. Equilibrio químico. Relación entre energía Gibbs y constante de equilibrio. Modificación de las condiciones de equilibrio: principio de Le Châtelier. Variación de la constante de equilibrio con la temperatura	2.0
6. **Equilibrio ácido-base.** Concepto de ácidos y bases. Escala de pH. Fuerza de ácidos y bases. Hidrólisis. Disoluciones reguladoras. Indicadores ácido-base. Valoraciones.	1.5
7. **Equilibrio de solubilidad.** Solubilidad y precipitación. Constante de producto de solubilidad. Efecto del ion común. Precipitación fraccionada. Solubilidad y pH. Equilibrios de formación de iones complejos y solubilidad.	1.0
8. **Electroquímica.** Reacciones de oxidación-reducción. Ajuste de las ecuaciones de oxidación-reducción. Células electroquímicas. Potenciales de electrodo. Ecuación de Nernst: Relación entre el potencial de célula y la constante de equilibrio. Electrólisis.	2.0
9. **Química orgánica.** Compuestos orgánicos y sus estructuras. Hidrocarburos. Nomenclatura. Principales grupos funcionales.	0.5
Sem*: Duración aproximada de cada tema en semanas	

Programa del laboratorio	Sesiones
1. Ácido-base: medidas de pH.	1
2. Preparación de disoluciones. Cinética de una reacción.	1
3. Valoración ácido-base. Solubilidad	1
4. Electroquímica	1

Bibliografía

Básica

- R.H. Petrucci, F. G. Herring, J. D. Madura, C. Bissonnette, *Química General* (11ª ed.) Prentice Hall, Madrid 2017.
- R. Chang, *Principios esenciales de Química General* (4ª ed.) McGraw-Hill Interamericana de España, Madrid 2006.

Complementaria

- R. Chang, *Fundamentos de química* (1ª ed.) McGraw-Hill Interamericana de México, México 2011.
- R. Chang, *Química* (8ª ed.). McGraw-Hill Interamericana de México, México 2007.

- J. Casabó, *Enlace Químico y Estructura de la Materia* (Reverté, 1996).
- J. Keeler y P. Wothers, *Why chemical reactions happen?* (Oxford University Press, 2003).
- W. R. Peterson, *Introducción a la nomenclatura (9ª edición)*, Reverté 2010.

Recursos en internet

Campus virtual

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas para cada tema:

- Clases de teoría: presentación del tema indicando referencias bibliográficas para su estudio y haciendo hincapié en los puntos más destacados e importantes. Al final, entrega de la colección de problemas del tema.
- Clases de problemas: Se resolverán algunos problemas en la pizarra, explicando los pasos relevantes. Otros problemas indicados se resolverán por escrito en clase por los/las estudiantes y la nota obtenida entrará en la evaluación final.
- Laboratorio: Se realizarán los experimentos señalados en el guion de prácticas (disponible en el campus virtual) y cada estudiante recogerá sus resultados en la memoria de prácticas (plantilla disponible en el campus virtual). La memoria de prácticas se entregará el día del examen de laboratorio.

La resolución de dudas y ampliación de conceptos tendrá lugar en el despacho del profesor en el horario especificado de tutorías. Es altamente recomendable la asistencia a estas tutorías para un mejor aprovechamiento del curso.

Se procurará que todo el material de la asignatura esté disponible para los/las estudiantes a través de Internet, en particular en el Campus Virtual (CV).

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Un primer examen parcial liberatorio de materia (si la nota obtenida es ≥ 4) a mediados del semestre y un segundo examen parcial o, alternativamente, un examen final.

Cada examen constará de una serie de ejercicios que combinarán teoría y problemas que valore la capacidad de aplicación de los conceptos fundamentales a problemas que se presentan en la Química.

La nota final, correspondiente a este apartado, será la que se obtenga de hacer la media entre los exámenes parciales realizados o bien la nota del examen final si el/la estudiante hace dicho examen.

Según acuerdo de la junta de facultad, al menos el 60% de los exámenes parciales y finales de primer curso debe ser común a todos los grupos.

El 100 % del examen será común a todos los grupos.

Otras actividades	**Peso:**	30%

• Prácticas de laboratorio obligatorias (20%): Antes de cada sesión se realizará un test de conocimientos básicos. La nota de laboratorio será la media entre las calificaciones de estos test, la valoración de la memoria de prácticas y las calificaciones presenciales del laboratorio.

• Evaluación continua (10%): Participación en actividades en clase como resolución de problemas, pequeñas pruebas escritas individuales realizadas durante las clases.

Calificación final

La calificación final será la obtenida como suma de las calificaciones de cada uno de los apartados anteriores, ponderada con el coeficiente indicado en cada caso: 70% Exámenes + 30% otras actividades.

Si la nota del apartado de exámenes es inferior a 4 puntos sobre 10, la calificación en el apartado de Exámenes será 0.

La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio- julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Laboratorio de Computación Científica		Código	800496	Curso	1º	Sem.	1º
Módulo	Formación Básica	Materia	Informática	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Laboratorio
Créditos ECTS	6	1	5
Horas presenciales	70	10	60

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer las posibilidades del computador como herramienta de cálculo y de análisis de medidas experimentales.
- Aprender a usar herramientas informáticas útiles para la resolución de problemas físicos e ilustrar conceptos de matemáticas.
- Aprender estructuras básicas de programación de propósito general.
- Conocer, programar y manejar algoritmos elementales de cálculo numérico.

Breve descripción de contenidos

Introducción a la programación. Representaciones gráficas. Aplicaciones a problemas físicos.

Conocimientos previos necesarios

Manejo elemental de un ordenador personal.

Asignaturas en cuyo desarrollo influye

Se trata de una asignatura cuya influencia es de carácter global ya que, en el contexto actual, el desarrollo de la ciencia va unido al desarrollo de los computadores

Por tanto, se trata de una asignatura que influye en el desarrollo de todas y cada una de las asignaturas que componen el Grado en Física.

Profesores coordinadores				
Lía García Pérez		Dpto.	ACyA	
Despacho	02.225.0	e-mail	liagar05@ucm.es	
Álvaro de la Cámara Illescas		Dpto.	FTA	
Despacho	00.318.0	e-mail	acamarai@ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado – 2023/24

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	6	L	12:00 – 13:00	Álvaro de la Cámara Illescas	Todo el semestre	10	T	FTA
B (inglés)	7	Tu	13:00 – 14:00	Mohammadreza Rezaei	Full term	10	T	DACYA
C	8	J	13:00 – 14:00	Pablo Zurita Gotor	Todo el semestre	10	T	FTA

D	7	X	18:00 - 19:00	Lía García Pérez	Todo el semestre	10	T	DACYA
E	7	L	12:00 – 13:00	María Guijarro Mata-García	Todo el semestre	10	T	DACYA
F	6	M	16:30 – 17:30	Marta Martín del Rey	Todo el semestre	10	T	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Álvaro de la Cámara Illescas	J: 10.00-13.00h Resto on line	acamarai@ucm.es	00.318.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Pablo Zurita Gotor	J: 15.00h-16.30h V: 09.00h-10.30h Resto on-line	pzurita@ucm.es	04.113.0
D	Lía García Pérez	1er. sem: M: 14:30-17:30 h X: 11:30-12:30 h J: 9:30-11:30 h 2º sem:: M y J: 9:30 a 12:30h	liagar05@ucm.es	02.225.0
E	María Guijarro Mata-García	L 9:00-10:00 h y 13:00-14:00 h X: 9:00-12:00 h	mguijarro@ucm.es	02.233.C
F	Marta Martín del Rey	M:10:00-12:00 J:12:00-13:00 Resto online	mmartindelrey@fis.ucm.es	04.101.0

* Resto hasta 6 horas a través del campus virtual, correo electrónico,…

Horarios de Laboratorios			**Nº sesiones:**	**28**
Grupo	**Aula Inf.**	**Dia - Horas**	**Observaciones**	
LA1	A2	L 14:00-16:15 X 9:30-11:30	Las clases prácticas son semanales, con dos sesiones de dos horas. Cada alumno tendrá cuatro horas semanales. Las tutorías se pueden realizar por correo electrónico. Si se necesitan tutorías presenciales se pedirán por correo electrónico al profesor.	
LA2	A3			
LB1	**ESTOS GRUPOS SE IMPARTEN EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
LB2				
LC1	A2	M 14:00-16:00 V 12:15-14:30		
LC2	A3			
LD1	A2	M 10:00-12:00 J 11:15-13:30		
LD2	A3			
LE1	A2	L 10:00-12:00 X 11:30-13:45		
LE2	A3			
LF1	A2	M 12:00-14:00 V 10:00-12:15		
LF2	A3			

GRUPOS DE LABORATORIO					
Grupo	**Aula Inf.**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**	**e-mail**
LA1	A2	Álvaro de la Cámara Illescas	60	FTA	acamarai@ucm.es
LA2	A3	Javier Fullea Urchulutegui	60	FTA	jfullea@ucm.es
LA1-2	A2/A3	Francisco Javier Pavón Carrasco	30	FTA	fjpavon@ucm.es
LB1	**ESTOS GRUPOS SE IMPARTEN EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**				
LB2					
LC1	A2	Pablo Zurita Gotor	60	FTA	pzurita@ucm.es
LC2	A3	Diego Córdoba Barba	60	FTA	dcordoba@fis.ucm.es
LC1-2	A2/A3	Maritza Arlene Lara López	30	FTA	jfullea@ucm.es
LD1	A2	Lía García Pérez	60	ACyA	liagar05@ucm.es
LD2	A3	Juan Jiménez Castellanos	60	ACyA	juan.jimenez@fis.ucm .es
LD1-2	A2/A3	María Belén Rodríguez de Fonseca	30	FTA	brfonsec@fis.ucm.es
LE1	A2	María Guijarro Mata-García	60	ACyA	mguijarro@ucm.es
LE2	A3	Guadalupe Miñana Ropero	60	ACyA	guamiro@ucm.es
LE1-2	A2/A3	Rosa González Barras	30	FTA	barras@fis.ucm.es
LF1	A2	Marta Martín del Rey	60	FTA	ipolo@ucm.es
LF2	A3	Irene Polo Sánchez	60	FTA	martam01@ucm.es
LF1-2	A2/A3	Javier Fullea Urchulutegui	30	FTA	maritzal@ucm.es

Programa teórico de la asignatura

Tema 1: Introducción a la computación científica

- Partes fundamentales de un computador
- Niveles de descripción de un computador: hardware y software
- Introducción al software científico

Tema 2: Aritmética de un computador

- Representación numérica: enteros y reales
- Errores en la aritmética de un computador

Tema 3: Raíces de una función

- Fundamentos de los métodos iterativos
- Convergencia
- Inestabilidad numérica
- Métodos locales para el cálculo de raíces

Tema 4: Sistemas de ecuaciones lineales

- Métodos directos
- Métodos iterativos

Tema 5: Ajuste e interpolación de datos

- Fundamentos de ajuste e interpolación
- Métodos globales de interpolación
- Métodos locales de interpolación
- Ajuste por mínimos cuadrados

Tema 6: Diferenciación e integración

- Diferenciación numérica por diferencias finitas
- Integración numérica
- Solución numérica para problemas de valor inicial

Programa de laboratorio	Sesiones
Práctica 1: Introducción a Python ● Entorno de programación ● Funciones internas ● Variables y operadores ● Bucles y condicionales ● Creación de funciones y scripts ● Representación gráfica	12
Práctica 2: Raíces de una función ● Métodos directos ● Métodos iterativos	4
Práctica 3: Sistemas de ecuaciones ● Métodos directos ● Métodos iterativos ● Análisis de convergencia	4
Práctica 4: Ajuste e interpolación de datos ● Métodos globales de interpolación ● Métodos locales de interpolación ● Ajuste por mínimos cuadrados	4
Práctica 5: Diferenciación e integración ● Aproximación de derivación por diferencias finitas ● Integración numérica ● Solución numérica para problemas de valor inicial	4

Bibliografía básica

Básica

- Jiménez, J., García H., García L. (2025). Laboratorio de Computación Científica https://github.com/UCM-237/LCC_Python/blob/main/pdfs/lcc_manual.pdf
- *K*ong, Q., Siauw, T., & Bayen, A. (2020). *Python programming and numerical methods: A guide for engineers and scientists.* Academic Press.

Complementaria

- Dianne P. O'Leary, (2009). Scientific Computing with case studies. Ed. SIAM

Recursos en internet

Asignatura en el CAMPUS VIRTUAL.

Metodología

Las sesiones se impartirán en Python.

La asignatura tiene un contenido eminentemente práctico. Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones que posteriormente se desarrollarán más en detalle en el laboratorio.

- Clases de laboratorio: Consistirán en la realización de prácticas dirigidas de programación en Python. Cada práctica del programa de laboratorio consta de una o más sesiones presenciales de acuerdo con la tabla anterior. El alumno deberá preparar la sesión práctica a partir de un guion que estará disponible en el Campus Virtual con antelación. Al final de cada práctica del programa el alumno deberá entregar al profesor un informe con los resultados obtenidos.

- Se podrán realizar trabajos opcionalmente, relacionados con la aplicación de los contenidos de la asignatura a algún problema de física. La realización del trabajo, así como su tema deberán acordarse previamente con el profesor de la asignatura o ser propuesto por él

En las clases de laboratorio cada alumno dispondrá de un ordenador con el entorno de programación Python instalado para la realización de sus prácticas de manera individual. Los alumnos podrán acudir a sesiones de tutoría en los horarios establecidos por los profesores.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	40%

Se realizará un examen final teórico-práctico tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria. El examen constará de preguntas teóricas o problemas y ejercicios prácticos de programación para realizar en el ordenador, similares a los estudiados en las prácticas.

El examen se realizará a través del Campus Virtual, con lo que un posible paso a docencia on-line no modificaría el método de realización del mismo.

La calificación de este examen será sobre 10 puntos, exigiéndose una nota mínima de 3.5 en ambas convocatorias. Si se supera, se ponderará el examen final y las otras actividades de evaluación.

Según acuerdo de la junta de facultad, al menos el 60% de los exámenes parciales y finales de primer curso debe ser común a todos los grupos.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	60%

Están basadas en las sesiones prácticas. Se valorarán los conocimientos adquiridos en la realización de las prácticas de laboratorio mediante pruebas parciales o tests en horario de clase.

Estos tests consistirán en la realización de ejercicios centrados en uno o varios temas del programa de prácticas y se llevarán a cabo a través del Campus Virtual,

La asistencia a las sesiones de prácticas, la entrega de los informes de las prácticas en las fechas fijadas y la realización de los tests/pruebas son obligatorias para poder aprobar la asignatura. Sólo en casos excepcionales y justificados podrá recuperarse la entrega de informes y tests.

La calificación de Evaluación Continua, en el rango 0-10 puntos, será la media aritmética de las notas de los tests realizados. Podrá adoptarse algún tipo de ponderación en función del desarrollo del curso.

Calificación final

Convocatoria ordinaria:

La calificación final será la media ponderada entre el examen final (Exfin) y la de otras actividades de evaluación (OAct), con la condición de superar la nota mínima establecida para el examen final.

Calificación del examen: 40% de la calificación final de la asignatura. Otras actividades de evaluación: 60% de la calificación final de la asignatura

CalFinal = 0.4 x ExFin+0.6 x OAct si ExFin >= 3.5

CalFinal = ExFin si ExFin < 3.5

Convocatoria extraordinaria

El alumno obtendrá la nota más alta calculada a partir de las siguientes dos posibilidades:

Opción 1: La calificación se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de la convocatoria ordinaria.

Opción 2: La calificación del examen final contará el 100%.

En cualquiera de las dos convocatorias, la entrega de los informes de las prácticas es obligatoria para poder aprobar la asignatura.

Los trabajos opcionales realizados por los alumnos previo acuerdo con el profesor, podrán servir para mejorar la calificación final de acuerdo con los criterios fijados por cada profesor.

Grado en Física (curso 2025-26)

Fundamentos de Física II		Código	800491	Curso	1º	Sem.	2º
Módulo	Formación Básica	Materia	Física	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos	Seminario
Créditos ECTS	9	4	4	1
Horas presenciales	84	35	40	9

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Manejar los esquemas conceptuales básicos de la Física: partícula, onda, campo, sistema de referencia, energía, momento, leyes de conservación, puntos de vista microscópico y macroscópico, etc.
- Conocer y comprender los fenómenos físicos básicos, incluyendo los relacionados con el electro-magnetismo, los fenómenos ondulatorios, la óptica y las propiedades de la materia
- Iniciarse en la formulación y resolución de problemas físicos sencillos, identificando los principios físicos relevantes y usando estimaciones de órdenes de magnitud.
- Desarrollar una visión panorámica de lo que abarca realmente la Física actual.

Breve descripción de contenidos

Electromagnetismo, fenómenos ondulatorios, óptica, introducción a la Física moderna.

Conocimientos previos necesarios

Asignaturas: Fundamentos de Física I y Matemáticas

Profesor/a coordinador/a	Ana Urbieta Quiroga / Marta Ábalos Álvarez		Dpto.	FM / FTA
	Despacho	02.104.0 / 4.234.0	e-mail	anaur@fis.ucm.es /mabalosa@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	6	L,M,X J	9:00 – 10:30 11:00-12:30	María Belén Rodríguez de Fonseca	19/01- 05/03/2026	42	T/P	FTA
				Francisco Javier Pavón Carrasco	09/03 - 09/05/2026	42	T/P	FTA
B (inglés)	7	Tu Th Fr	12:00 – 14:00 11:00 – 13:00 9:00 – 11:00	María Luisa Montoya Redondo	19/01 until 06/03/26	42	T/E	FTA
				Marta Ábalos Álvarez	09/03 until 08/05/25	42	T/E	FTA
C	8	M J V	12:00-14:00 11:00-13:00 9:00-11:00	Zouhair Sefrioui Khamali	19/01-06/03/26	42	T/P	FM
				Elena Navarro Palma	09/03-08/05/26	42	T/P	FM
D	4A	L,J M X	14:30 – 16:00 15:00 – 16:30 15:30 –	María Amparo Izquierdo Gil	Todo el semestre	84	T/P	EMFTEL

			17:00					
E	8	L M,X,J	16:30 - 18:00 14:30 – 16:00	Ana Urbieta Quiroga	Todo el semestre	84	T/P	FM
F	6	M,X J V	16:30 – 18:00 14:30 – 16:00 17:00 – 18:30	Lucas Pérez García	Todo el semestre	84	T/P	FM

T: teoría, P: prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	María Belén Rodríguez de Fonseca	M, J: 10:00-13.00	brfonsec@fis.ucm.es	04.112.0
	Francisco Javier Pavón Carrasco	1er. semestre M,J: 10:30-12:00 2º semestre L,X: 11:00-12:00 +3h online	fjpavon@ucm.es	04.106.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Zouhair Sefrioui Khamali	L. 12:30-14:30 X. 10:00-12:00 +2h online	sefrioui@ucm.es	03.116.0
	Elena Navarro Palma	1er semestre V: 12.00-14.00 M, X: 10.00-12.00 2º semestre M: 10.00-12.00 J: 09.00-11.00 V: 11.00-13.00	enavarro@ucm.es	02.119.0
D	María Amparo Izquierdo Gil	1er semestre M y V: 11:30-13:00 +3h online 2º semestre M y J: 11:30-13:00 +3h online	amparo@ucm.es	02.109.0
E	Ana Urbieta Quiroga	M,J:11:30-13:00 +3h online	anaur@fis.ucm.es	02.105.0
F	Lucas Pérez García	M, X: 14.30-16.30 +2h online	lucas.perez@ucm.es	02.210.0

* Resto hasta 6 horas a través del campus virtual, correo electrónico, ...

Programa de la asignatura

1. **Campo Eléctrico.** Carga eléctrica. Conductores y aislantes. Ley de Coulomb. Concepto de campo eléctrico. Principio de superposición. Líneas de campo. Dipolo eléctrico: momento dipolar. Ley de Gauss y sus aplicaciones. Campos y cargas en materiales conductores. Energía potencial y potencial eléctrico. Superficies equipotenciales. Gradiente de potencial. Cálculo de potenciales. Condensadores. Concepto de capacidad. Agrupación de condensadores. Energía en un condensador. Dieléctricos: polarización eléctrica. Modelos moleculares de dieléctricos. Corriente eléctrica: intensidad. Resistencia eléctrica: ley de Ohm. Fuerza electromotriz. Energía y potencia disipadas en un circuito.
2. **Campo Magnético.** Magnetismo. Campo magnético: fuerza de Lorentz. Líneas de campo y flujo magnético. Movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos. Fuerza sobre una corriente. Campo magnético creado por una corriente. Campo magnético creado por una espira circular: dipolo magnético y momento dipolar. Ley de Ampère: aplicaciones. Efecto Hall. Materiales magnéticos
3. **Campo Electromagnético.** Inducción electromagnética: Ley de Faraday. Fuerza electromotriz inducida. Campo eléctrico inducido. Autoinducción. Inductancia mutua. Energía del campo magnético. Fuerza electromotriz alterna. Transformadores. El circuito LRC. Corriente de desplazamiento. Ecuaciones de

Maxwell.

4. **Ondas: Generalidades.** Tipos de ondas. Ondas mecánicas. Ondas periódicas y pulsos. Velocidad de propagación. Energía e intensidad de una onda. Condiciones de frontera en una cuerda: reflexión y transmisión. Ondas planas y esféricas. Ondas armónicas. Interferencia de ondas. Ondas estacionarias. Modos normales.. Pulsaciones. Dispersión. Ondas de especial interés: el sonido, efecto Doppler.
5. **Ondas Electromagnéticas y Óptica.** Ecuación de ondas para campos electromagnéticos. Espectro electromagnético. Energía y momento de una onda electromagnética. Radiación de onda electromagnética. Ondas electromagnéticas en medios materiales. Dispersión. Reflexión y refracción. La óptica geométrica como límite: rayos y frentes de onda. Principio de Fermat. Polarización. Interferencias de ondas: concepto de coherencia. Concepto de difracción. Difracción de Fraunhofer por una rendija. Red de difracción. Poder de resolución.
6. **Física Cuántica.** Hipótesis de Planck sobre emisión y absorción de luz. Efecto fotoeléctrico. Fotones. Efecto Compton. Espectro de niveles de energía discretos. Modelo atómico de Bohr. Ondas asociadas a partículas: longitud de onda de De Broglie. Dualidad onda-partícula: difracción. Principio de incertidumbre de Heisenberg. Ecuación de Schrödinger.

Programa de seminarios comunes

Fechas:

- 12 de febrero. Seminario 1
- 26 de febrero. Seminario 2
- 19 de marzo. Seminario 3
- 9 de abril. Seminario 4
- 23 de abril. Seminario 5

Estas fechas no son definitivas, se confirmarán durante el curso.

Horario: Jueves de 11:00 a 12:30 y de 14:30 a 16:00.

Posibles temas del programa: Astrofísica, Materia Condensada, Magnetismo y Superconductividad, Física Cuántica, Biofísica, Cambio Climático, Inteligencia Artificial, etc…

Bibliografía

Básica

· F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman, *Física Universitaria* (11ª Ed.)(Pearson Education, 2004)

· R.A. Serway, *Física* (5ª Ed) (McGraw-Hill, Madrid, 2002)

· P.A. Tipler y G. Mosca, *Física para la ciencia y la tecnología* (5ª Ed) (Reverté, Barcelona 2005).

Complementaria

· M. Alonso y E.J. Finn, *Física* (Addison-Wesley Iberoamericana).

· A. Fernández Rañada, *Física Básica* (Alianza, Madrid, 2004)

· A. Rex y R. Wolfson, Fundamentos de física (Pearson Education, 2010)

· S. M. Lea y J.R. Burke, *La Naturaleza de las cosas*, (Paraninfo, 2001).

· J.I. Mengual, M.P. Godino y M.Khayet, *Cuestiones y problemas de fundamentos de física*, (Ariel, Barcelona, 2004).

· C. Sánchez del Río, *Los principios de la física en su evolución histórica*, (Ed. Instituto de España, Madrid, 2004)

Recursos en internet

ASIGNATURA EN EL CAMPUS VIRTUAL

Otros recursos:

· Curso Interactivo de Física en Internet de Ángel Franco García: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/

· College Physics (en inglés): http://cnx.org/contents/031da8d3-b525-429c-80cf-6c8ed997733a:1/College_Physics

· Physclips (en inglés): http://www.animations.physics.unsw.edu.au/

· Animaciones interactivas PHET de Física: https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/physics

· OSCAR, física visual a un click: http://www.ucm.es/theoscarlab

· Feynman Lectures (en inglés): http://www.feynmanlectures.caltech.edu/

· Cursos abiertos del MIT (todo el 8.02, unidades II y III del 8.03; en inglés): http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/index.htm

· Hyperphysics (en inglés): http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/HFrame.html

· Videos del Universo Mecánico de Caltech: http://www.acienciasgalilei.com/videos/video0.htm

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura, incluyendo ejemplos y aplicaciones. (3 horas por semana)

• Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas (3 horas por semana)

• Cinco seminarios sobre temas de actualidad dentro del campo de la Física (se utilizará para este fin una de las clases de teoría o de problemas). A dichas sesiones deberán asistir tanto los alumnos como sus profesores. Se organizará un 6º seminario en cada clase con temas presentados por los profesores y/o los propios alumnos.

En las lecciones de teoría se utilizará la pizarra y, en algunos casos, proyecciones con el ordenador. Estas lecciones se verán complementadas con experiencias de cátedra que podrán desarrollarse en el aula o en ocasiones en el Laboratorio de Física General. También, en ocasiones, se emplearán simulaciones por ordenador y prácticas virtuales.

Se fomentará que los estudiantes trabajen juntos para resolver problemas, discutir dudas, acudir a las tutorías, etc.

Se suministrará a los estudiantes los enunciados de problemas con antelación a su resolución en clase. Como parte de la evaluación continua, los alumnos tendrán que hacer entregas de problemas resueltos y/o tests vía Campus Virtual.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	75%

Examen parcial: Sí Eliminatorio: Sí Nota mínima para que elimine materia: $N_{Parcial} \geq 5$

Peso parcial: 50%

Examen final:

- Si $N_{Parcial} < 5$: abarcará todos los contenidos de la asignatura
- Si $N_{Parcial} \geq 5$, hay dos opciones:
  a) Realizar un examen que abarcará solo los contenidos explicados en la segunda parte de la asignatura, en la misma fecha y hora en la que se realizará el examen final. Su calificación será $N_{Final2aParte}$, comprendida entre 0 y 10.
  b) Realizar el examen final. Su calificación será N_{Final}, comprendida entre 0 y 10.

En la convocatoria extraordinaria de julio se realizará un único examen final que abarcará todo el contenido de la asignatura.

Calificación final del apartado de realización de exámenes, N_{exam}:

- Si se ha eliminado materia (caso a)) y $N_{Final2aParte} \geq 4$: $N_{Exam} = 0.5\ N_{Parcial} + 0.5\ N_{Final2aParte}$
- Si no se ha eliminado materia ($N_{parcial} < 5$) o en el caso b): $N_{Exam} = N_{Final}$

Según acuerdo de la junta de facultad, al menos el 60% de los exámenes parciales y finales de primer curso debe ser común a todos los grupos.

Otras actividades	**Peso:**	25%

Se realizarán y evaluarán las siguientes actividades:

- Entrega de problemas y/o tests.
- Asistencia a los seminarios y resumen correspondiente.
- Otras actividades que podrán incluir pequeñas pruebas escritas, participación en clase y tutorías, presentación de trabajos, etc.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.75N_{Exam} + 0.25N_{OtrasActiv},\ N_{Exam} \}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4.5$

Esta ponderación es válida tanto para la convocatoria de junio como para la extraordinaria de julio.

Grado en Física (curso 2025-26)

Cálculo		Código	800493	Curso	1º	Sem.	2º
Módulo	Formación Básica	Materia	Matemáticas	Tipo	obligatorio		

	Total	Teoría	Prácticos
Créditos ECTS	7.5	4.5	3
Horas presenciales	69	39	30

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

1. Desarrollar la capacidad de calcular y manejar límites, derivadas parciales y desarrollos de Taylor en varias variables.
2. Saber analizar funciones de varias variables y aprender a caracterizar sus extremos.
3. Saber calcular y manejar el gradiente de una función, así como la divergencia y el rotacional de un campo vectorial.
4. Saber calcular integrales curvilíneas, de superficie y de volumen, así como aplicar los teoremas clásicos que las relacionan entre sí.

Breve descripción de contenidos

Cálculo diferencial e integral en varias variables.

Conocimientos previos necesarios

Cálculo diferencial e integral de funciones reales de una variable. Se debe comprender el significado y ser capaz de calcular sus límites, derivadas e integrales, así como saber obtener sus desarrollos de Taylor y caracterizar sus extremos.

Profesor/a coordinador/a	Gabriel Álvarez Galindo		Dpto.	FT
	Despacho	02.317.0	e-mail	galvarez@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	Horas	T/P	Dpto.
A	6	L M,X	12:00 – 14:00 12:00 – 13:30	María Cristina Martínez Pérez	Todo el semestre	69	T/P	EMFTEL
B (inglés)	7	Tu We Th	10:30 – 12:00 11:00 – 13:00 9:30 – 11:00	Joaquín López Herráiz	January – March	41	T/E	EMFTEL
				Alberto Domínguez Díaz	March-May	28	T/E	EMFTEL
C	8	L M V	10:00 – 11:30 10:00 – 12:00 11:00 – 12:30	Gabriel Álvarez Galindo	Todo el semestre	69	T/P	FT
D	4A	L M	17:30 – 19:30 18:00 – 19:30	Luis Antonio Fernández Pérez	Todo el semestre	69	T/P	FT

		J	17:30 – 19:00					
E	8	M,X J	17:30 – 19:00 16:00 – 18:00	Diego Rubiera García	Todo el semestre	54	T/P	FT
				Javier Martínez Martín	Todo el semestre	15	P	FT
F	6	M J V	15:00 – 16:30 16:00 – 17:30 15:00 – 17:00	Luis Antonio Fernández Pérez	Todo el semestre	69	T/P	FT

T: Teoría. P: Problemas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	María Cristina Martínez Pérez	X y J: 11:30-13:00 J y V: 12:30-14:00	crismp@ucm.es	03.229.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Gabriel Álvarez Galindo	J: 9:00-12:00 +3h. online	galvarez@fis.ucm.es	02.317.0
D	Luis Antonio Fernández Pérez	M: 16:30-18:00 V: 17:00-18:30 + 3 horas online	laf@lattice.fis.ucm.es	03.320.0
E	Diego Rubiera García	X: 16:00-17:00 J: 14:30-16:00 +3h online	drubiera@ucm.es	03.306.A
	Javier Martínez Martín	J: 14:00-16:00	javiermartinezm@ucm.es	02.329.0
F	Luis Antonio Fernández Pérez	M: 16:30-18:00 V: 17:00-18:30 + 3 horas online	laf@lattice.fis.ucm.es	03.320.0

* Resto hasta 6 horas a través del campus virtual, correo electrónico, ...

Programa de la asignatura

- **Cálculo Diferencial.**
  Funciones con valores reales: gráficas y curvas de nivel.
  Límites y continuidad.
  Derivadas parciales y diferenciabilidad. Regla de la cadena.
  Gradiente y derivadas direccionales.
- **Máximos y mínimos.**
  Derivadas de orden superior. Teorema de Taylor.
  Extremos de funciones con valores reales.
  Extremos restringidos: multiplicadores de Lagrange.
  Teorema de la función implícita.
- **Funciones con valores vectoriales.**
  Trayectorias, velocidad, aceleración.
  Campos vectoriales. Divergencia y rotacional.
  Cálculo Diferencial Vectorial.
- **Integrales dobles y triples.**
  Integral doble sobre un rectángulo. Integrabilidad.
  Integral doble sobre recintos más generales.
  Integrales triples.
  Cambio de variables.
- **Integrales sobre curvas y superficies.**
  Integral de una función (escalar o vectorial) sobre una curva.
  Superficies parametrizadas. Área de una superficie.
  Integral de una función (escalar o vectorial) sobre una superficie.

- **Teoremas integrales del cálculo vectorial.**
  - Teorema de Green.
  - Teorema de Stokes.
  - Campos conservativos.
  - Teorema de Gauss.

Bibliografía
J.E. Marsden y A.J. Tromba, Cálculo Vectorial (5ª ed), Ed.Prentice Hall, 2007. R. Larson, R.P. Hostetler y B.H. Edwards, Cálculo II (7ª ed), Ed. Pirámide, 2003. J. Rogawski, Cálculo. Varias variables (2ª ed), Reverté, 2012.

Recursos en Internet
Campus virtual.

Metodología
Se impartirán lecciones de teoría en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones, y se resolverán también abundantes problemas. En las clases se utilizará principalmente la pizarra y, en ocasiones, proyecciones con ordenador. Se suministrará a los estudiantes una colección de problemas con antelación a su resolución en la clase. Se suministrarán a los estudiantes exámenes de convocatorias previas. Se procurará que todo el material de la asignatura esté disponible para los alumnos a través de Internet, en particular en el Campus Virtual.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	75%
Examen parcial: Sí Eliminatorio: No Peso del parcial: 40% Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} = máx { N_{Final} , 0.4 $N_{Parcial}$ + 0.6 N_{Final}} donde $N_{Parcial}$ es la nota obtenida en el examen parcial y N_{Final} es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10. Nota mínima en el examen final para ponderar: $N_{Final} \geq 4$. Si no se cumple esta condición, no se aprobará la asignatura. Según acuerdo de la junta de facultad, al menos el 60% de los exámenes parciales y finales de primer curso debe ser común a todos los grupos.		
Otras actividades	**Peso:**	25%
En este apartado podrán valorarse algunas de las siguientes actividades: ● Entrega de problemas y ejercicios, individuales o en grupo, que podrán realizarse o ser resueltos durante las clases. ● Pruebas adicionales, escritas u orales, siempre con carácter voluntario. La calificación obtenida en este apartado se tendrá en cuenta también en la convocatoria extraordinaria de julio.		

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.75N_{Exam} + 0.25N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Nota mínima en el examen final para ponderar: $N_{Final} \geq 4$.

La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Álgebra		Código	800494	Curso	1º	Sem.	2º
Módulo	Formación Básica	Materia	Matemáticas	Tipo	obligatorio		

	Total	Teoría	Prácticos
Créditos ECTS	7.5	4.5	3
Horas presenciales	69	39	30

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Comprender los conceptos de espacio vectorial y espacio euclidiano.
- Entender la noción de aplicación lineal, y desarrollar habilidades para su manejo en transformaciones geométricas, cambios de base y resolución de sistemas lineales.
- Desarrollar las habilidades necesarias para la resolución de problemas de diagonalización de matrices y el cálculo de autovalores y autovectores.

Breve descripción de contenidos

Espacios y Transformaciones lineales. Espacios euclidianos. Curvas de segundo grado.

Conocimientos previos necesarios

Las matemáticas estudiadas en el bachillerato.

Asignaturas en cuyo desarrollo influye

Esta asignatura tiene un carácter básico e influye en todas las asignaturas del grado. En particular, es imprescindible para cursar la asignatura de Cálculo.

Profesor/a coordinador/a	Juan José Sanz Cillero		Dpto.	FT
	Despacho	02.327.0	e-mail	jjsanzcillero@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	Horas	T/P	Dpto
A	6	L,X J	10:30 – 12:00 9:00 – 11:00	Juan José Sanz Cillero	Indistintamente	57	T/P	FT
				Javier Martínez Martín		12	P	
B (inglés)	7	T W F	9:00 – 10:30 9:30 – 11:00 11:00 – 13:00	Juan José Sanz Cillero	1st part	25	T/E	FT
				Rafael Hernández Redondo	2nd part	44		
C	8	L J V	11:30 – 13:30 9:30 – 11:00 12:30 – 14:00	Piergiulio Tempesta	Todo el semestre	69	T/P	FT
D	4A	L M X	16:00 – 17:30 16:30 – 18:00 17:00 – 19:00	Piergiulio Tempesta	1ª parte	34,5	T/P	FT
				Ángel Gómez Nicola	2ª parte	34,5	T/P	FT
E	8	L M,X	14:30 – 16:30 16:00 – 17:30	Prado Martín Moruno	1ª parte	34.5	T/P	FT
				Mercedes Martín Benito	2ª parte	34.5	P	FT

F	6	M,X J	18:00 – 19:30 17:30 – 19:30	Mercedes Martín Benito	Todo el semestre	69	T/P	FT

T: teoría, P: prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Juan José Sanz Cillero	X: 12:00-15:00 J:11:00-14:00	jusanz02@ucm.es	02.327.0
	Javier Martínez Martín	J:14:00-16:00	javiermartinezm@ucm.es	02.329.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Piergiulio Tempesta	L: 15:00-16:00 J: 11:00-13:00 y 16:00-17:00 V: 11:00-12:00 y 15:00-16:00	p.tempesta@fis.ucm.es	02.304.0
D	Piergiulio Tempesta	L: 15:00-16:00 J: 11:00-13:00 y 16:00-17:00 V: 11:00-12:00 y 15:00-16:00	p.tempesta@fis.ucm.es	02.304.0
	Ángel Gómez Nicola	J,V: 10:00 -13:00	gomez@ucm.es	01.215.A
E	Prado Martín Moruno	1er. semestre L,X: 14:00-15:00 +3h online 2º semestre J, V: 12:00-13:00 +3h online	pradomm@ucm.es	03.314.0
	Mercedes Martín Benito	M: 10:00-13:00 online X: 10:00-13:00 presenciales	m.martin.benito@ucm.es	02.328.0
F	Mercedes Martín Benito	M: 10:00-13:00 online X: 10:00-13:00 presenciales	m.martin.benito@ucm.es	02.328.0

Programa de la asignatura

1 PRELIMINARES

1. Propiedades algebraicas de los números reales y complejos.
2. Teorema fundamental del álgebra. Factorización de polinomios.
3. Sistemas de ecuaciones lineales. Método de eliminación de Gauss.
4. Matrices. Matriz transpuesta. Suma de matrices. Producto de un escalar por una matriz.
5. Producto de matrices. Matriz inversa.

2 ESPACIOS VECTORIALES

1. Definición y ejemplos de espacio vectorial. Combinaciones lineales.
2. Subespacios. Subespacio generado por un conjunto de vectores. Intersección y suma de subespacios.
3. Dependencia e independencia lineal.
4. Bases. Dimensión. Coordenadas. Cambio de base.
5. Suma directa de subespacios. Bases adaptadas a una suma directa.
6. Operaciones elementales en una familia ordenada de vectores.

3 APLICACIONES LINEALES, MATRICES Y DETERMINANTES

1. Definición y propiedades elementales de las aplicaciones lineales.
2. Núcleo e imagen de una aplicación lineal.
3. Aplicaciones lineales inyectivas, suprayectivas y biyectivas.
4. Matriz de una aplicación lineal. Cambio de bases.
5. El grupo de permutaciones.
6. Determinantes.

4 VALORES Y VECTORES PROPIOS

1. Valores y vectores propios. Teorema de independencia lineal.
2. Polinomio característico.
3. Subespacios propios. Multiplicidad algebraica y geométrica. Diagonalización.
4. Subespacios invariantes. Diagonalización por bloques.

5 PRODUCTO ESCALAR

1. Producto escalar. Norma. Distancia.
2. Identidad del paralelogramo. Polarización. Desigualdad de Cauchy-Schwarz. Desigualdad triangular.
3. Expresión del producto escalar en una base. Cambio de base.
4. Ortogonalidad. Bases ortonormales. Método de Gram-Schmidt.
5. Proyección ortogonal.

6 APLICACIONES LINEALES ENTRE ESPACIOS CON PRODUCTO ESCALAR

1. Adjunta de una aplicación lineal. Propiedades elementales. Representación matricial.
2. Operadores normales. Diagonalización de operadores normales.
3. Operadores autoadjuntos y unitarios en espacios vectoriales complejos.
4. Operadores simétricos y ortogonales en espacios vectoriales reales. Rotaciones.

7 FORMAS BILINEALES Y CUADRÁTICAS

1. Formas bilineales y cuadráticas en espacios reales. Representación matricial. Cambio de base.
2. Reducción de formas cuadráticas a suma de cuadrados. Ley de inercia.
3. Formas cuadráticas reales factorizables.
4. Formas cuadráticas definidas positivas. Criterio de Sylvester.
5. Curvas planas definidas por polinomios de segundo grado. Cónicas

Bibliografía

Básica

- R. Larson, B. H. Edwards, D. C. Falvo, *Álgebra Lineal*, Pirámide, 2004.
- D. C. Lay, *Álgebra Lineal y sus Aplicaciones*, Thomson, 2007.
- E. Hernández, *Álgebra y Geometría*, Addison Wesley/UAM, 1994.
- L. Merino, E. Santos, Álgebra Lineal, Editorial Paraninfo (2006).

Complementaria

- G. Strang, *Linear Algebra and its Applications*, Brooks Cole, International Edition, 2004.
- J. Arvesú, F. Marcellán, J. Sánchez, *Problemas Resueltos de Álgebra Lineal*. Thomson, 2005.
- S. Lipschutz, *Teoría y problemas de álgebra lineal. McGraw-Hill, 1991.*
- M. Castellet, I. Llerena, C. Casacubierta, *Álgebra lineal y geometría.* Reverté, 2007.
- D. Poole, Álgebra Lineal: una introducción moderna, Thomson (2004)

Los siguientes textos se pueden descargar libremente:

En castellano:

- http://jacobi.fis.ucm.es/marodriguez/notas_clase/algebra_AI_MAR.pdf
- http://cms.dm.uba.ar/depto/public/Curso%20de%20grado/fascgrado2.pdf

En inglés:

- https://www.cs.cornell.edu/courses/cs485/2006sp/LinAlg_Complete.pdf
- https://www.cliffsnotes.com/study-guides/algebra/linear-algebra
- https://www-labs.iro.umontreal.ca/~grabus/courses/ift6760_files/LANotes.lerner.pdf
- https://courses.physics.ucsd.edu/2009/Fall/physics130b/Essential_Linear_Algebra.pdf
- https://cseweb.ucsd.edu/~gill/CILASite/

Recursos en internet

Utilización del Campus Virtual (por grupos).

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones (3 horas semanales en media)

- Clases prácticas de problemas (2 horas semanales en media)

Se suministrará a los estudiantes una colección de problemas con antelación a su resolución en la clase.

El profesor recibirá en su despacho a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas, ampliar conceptos, etc. Es altamente recomendable la asistencia a estas tutorías para un mejor aprovechamiento del curso.

Se suministrarán a los estudiantes exámenes de convocatorias previas.
Se procurará que todo el material de la asignatura esté disponible para los alumnos a través de Internet, en particular en el Campus Virtual.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	75%

Examen parcial: Sí Eliminatorio: No Peso del parcial: 40%

Calificación final de exámenes: $N_{Exam} = \text{máx}\{N_{Final}\ ,\ 0.4\ N_{Parcial} + 0.6\ N_{Final}\}$

donde $N_{Parcial}$ es la nota obtenida en el examen parcial y N_{Final} es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10.

Nota mínima en el examen final para ponderar: $N_{Final} \geq 4$.

Examen parcial:

- Versará sobre los contenidos explicados hasta esa fecha y su estructura será similar a la del examen final.

- La calificación del examen parcial supondrá el 40% del total de este apartado (exámenes).

- Los contenidos evaluados en el examen parcial podrán volver a ser objeto de evaluación en el examen final.

Examen final:

- Consistirá fundamentalmente en una serie de problemas sobre los contenidos explicados durante el curso y de dificultad similar a los propuestos en la colección de problemas.

Según acuerdo de la junta de facultad, al menos el 60% de los exámenes parciales y finales de primer curso debe ser común a todos los grupos.

Otras actividades	Peso:	25%

Se tendrán en cuenta alguna o varias de las siguientes actividades:

-Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo en horario de clase o fuera del mismo.
-Participación en clases, seminarios y tutorías.
-Presentación, oral o por escrito, de trabajos.

-Trabajos voluntarios.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Esta calificación se guardará para la convocatoria extraordinaria.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.75 N_{Exam} + 0.25 N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Nota mínima en el examen final para ponderar: $N_{Final} \geq 4$.

La calificación final de la convocatoria extraordinaria se obtendrá utilizando la misma fórmula.

Grado en Física (curso 2025-26)

Laboratorio de Física I		Código	800497	Curso	1º	Sem.	2º
Módulo	Formación Básica	Materia	Física	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Laboratorio
Créditos ECTS	6	1	5
Horas presenciales	70	12	58

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Realizar medidas de laboratorio siguiendo protocolos establecidos que impliquen la calibración, obtención de datos y el tratamiento matemático de los mismos, incluyendo la estimación de incertidumbres sistemáticas y aleatorias, y el manejo de órdenes de magnitud y unidades.
- Aprender a elaborar informes relativos a los procesos de medida y el análisis de resultados.
- Consolidar la comprensión de las áreas básicas de la Física a partir de la observación, caracterización e interpretación de fenómenos y de la realización de determinaciones cuantitativas en experimentos prediseñados.

Breve descripción de contenidos

Laboratorio de Física general. Naturaleza y medida de los fenómenos físicos. Unidades. Tratamiento de datos. Estimación de incertidumbres.

Conocimientos previos necesarios

Física general a nivel de Bachillerato.

Se recomienda haber cursado la asignatura Laboratorio de Computación.

Asignaturas en cuyo desarrollo influye

Asignaturas de laboratorio de Cursos superiores.

Fundamentos de Física II. Estadística y Análisis de Datos.

Profesor/a coordinador/a	Daniel Sánchez Parcerisa		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.218.A	E-mail	dsparcerisa@ucm.es

Horarios y profesorado de Teoría 2025/26				Nº Sesiones	8
Grupo	**Día**	**Horario**	**Aula**	**Profesor de Teoría (12 h.)**	**Dpto.**
A	M	10:30-12:00	6	Marta Ábalos Álvarez	FTA
B (inglés)	Fr	13:00-14:30	7	Daniel Sánchez Parcerisa	EMFTEL
C	J	13:00-14:30	8	José Manuel Garrido Pérez	FTA
D	J	16:00-17:30	4A	Ana María Negredo Moreno	FTA
E	L	12:00-13:30	7	Marcos López Moya	EMFTEL
F	X	15:00-16:30	6	David Sánchez Manzano	FM

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**Horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Marta Ábalos Álvarez	L,X: 12:00-13:30 Resto online	mabalosa@ucm.es	04.234.0
B	**Este grupo se imparte en inglés (ver ficha correspondiente)**			
C	José Manuel Garrido Pérez	M, J: 13:30-15:00 Resto online	josgarri@ucm.es	04.230.0
D	Ana María Negredo Moreno	1er. sem: M,V: 12:00-13:30 +3h online	amnegred@ucm.es	04.114.0
E	Marcos López Moya	L, X: 14:00-17:00	marcolop@ucm.es	03.220.0
F	David Sánchez Manzano	M. 10:00-13:30	davidsan@ucm.es	03.249.0

Horarios del Laboratorio Análisis de Datos (9 h)						Nº Sesiones	6
Grupo	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Dpto.**	**e-mail**	**Fechas[1]**	**Aulas infor.**
LA	M	10:30-12:00	Marta Ábalos Blanca Ayarzagüena	FTA	mabalosa@ucm.es bayarzag@ucm.es	20/1, 27/1, 10/2, 17/2, 28/4, 5/5	2 y 3
LB	**Este grupo se imparte en inglés (ver ficha correspondiente)**						
LC	J	13:00- 14:30	José Manuel Garrido Robert Paneque	FTA EMFTEL	josgarri@ucm.es rpaneque@ucm.es	22/1, 29/1, 12/2, 19/2, 23/4, 30/4	2 y 3
LD	J	16:00- 17:30	Ana Negredo David Sánchez	FTA FM	anegredo@fis.ucm.es davidsan@ucm.es	22/1, 29/1, 12/2, 19/2, 23/4, 30/4	15
LE	L	12:00- 13:30	Marcos López Lucía Gutiérrez	EMFTEL FTA	marcolop@pdi.ucm.es lucgut03@ucm.es	19/1, 26/1, 9/2, 16/2, 4/5	2 y 3
LF	X	15:00- 16:30	David Sánchez Tahimy Fuentes	FM FTA	davidsan@ucm.es tahifuen@ucm.es	21/1, 28/1, 11/2, 18/2, 22/4, 29/4	2 y 3

Los días con sesiones de Laboratorio de Análisis de Datos no habrá teoría, son actividades excluyentes.
El horario es distinto del de las sesiones de teoría, nos vemos obligados a hacerlo por disponibilidad de aulas.

Grupo	Profesor de Laboratorio	Dpto.	e-mail
LA	Marta Ábalos Álvarez Blanca Ayarzagüena Porras Marina Puente Borque	FTA	mabalosa@ucm.es bayarzag@ucm.es mpborque@ucm.es
LB	Daniel Sánchez Parcerisa Natalia Calvo Fernández Pablo Zurita Gotor	EMFTEL FTA FTA	dsparcerisa@ucm.es nataliac@ucm.es pzurita@ucm.es
LC	José Manuel Garrido Vicente Carlos Ruiz Martínez Óscar Martínez Matos	FTA FTA OPT	josgarri@ucm.es vcarlos@ucm.es ommatos@fis.ucm.es
LD	Ana María Negredo Manzano Mª Carmen García Payo	FTA EMFTEL	anegredo@fis.ucm.es mcgpayo@ucm.es
LE	Marcos López Moya Rosa María González Barras Carlos Ordóñez García	EMFTEL FTA FTA	marcolop@ucm.es barras@fis.ucm.es carlordo@ucm.es
LF	David Sánchez Manzano Laura Muñoz Muñoz Diego Córdoba Barba (50%)	FM EMFTEL FTA	davidsan@ucm.es lmunoz@pdi.ucm.es dcordoba@fis.ucm.es

	José Andrés Avellaneda González (50%)	EMFTEL	javellan@ucm.es

Horarios de Laboratorios 2025/26			Nº Sesiones	14
Grupo	**Día**	**Horario**	**Laboratorio**	
LA	L	15:00-18:30	Laboratorio de Física General. Planta Sótano centro, Facultad de Ciencias Físicas	
LB	**Grupo en inglés**			
LC	M	15:30-19:00		
LD	X	11:00-14:30		
LE	M	10:00-13:30		
LF	V	10:30-14:00		

Aproximadamente en el 50% de los casos se entregará un informe escrito de la práctica. En el resto de las prácticas se rellenará un formulario con los resultados e incertidumbres.

Se dedicará parte de la sesión a la discusión en grupos pequeños de los resultados obtenidos y memorias entregadas en la sesión previa.

Existirán tutorías con los profesores de laboratorio.

Programa teórico de la asignatura

Comprende un total de 8 sesiones de 1,5 horas, agrupadas en 5 temas:

- **Medidas**: Unidades. Tipos de medidas. Error e incertidumbre. Incertidumbre sistemática. Incertidumbre aleatoria. Estimación de incertidumbres. Presentación de resultados.
- **Tratamiento de datos**. Regresión lineal. Media ponderada. Interpolación lineal. Elaboración de memorias.
- **Estadística descriptiva.** Tipos de datos. Frecuencia. Frecuencia acumulada. Histogramas.
- **Variable aleatoria.** Concepto. Densidad de probabilidad. Medidas características de una variable aleatoria: media, varianza.
- **Distribuciones de probabilidad.** Distribuciones discretas y continuas. Distribución uniforme, Normal, *t de Student*. Estimación de parámetros.

Programa del laboratorio	Sesiones
Introducción. Análisis de datos.	1
Mecánica. Péndulo Simple. Péndulo de Torsión Medida del coeficiente de tensión superficial. Ley de Hooke	3
Termodinámica. Equivalente mecánico del calor. Entalpía de fusión del hielo	1
Electricidad y magnetismo. Puente de hilo. Curva característica de una lámpara. Manejo del Osciloscopio. Corriente alterna: circuito RC. Medida de campos magnéticos.	5
Óptica. Determinación de índices de refracción. Potencia de lentes.	2
Estructura de la materia. Medida de la relación carga/masa del electrón.	1
Recuperación de prácticas.	1
Análisis de datos. Regresión lineal. Creación de histogramas. Gráficas. Módulo de análisis de datos. (Aula de Informática; 6 sesiones de 1,5 horas).	6

Bibliografía básica

Básica

- Apuntes de la asignatura disponibles en la página web.
- *Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias*, J. Gorgas, N. Cardiel y J. Zamorano (disponible en el Campus Virtual de la asignatura).

- *Practical Physics.* G.L. Squires. Ed. Cambridge University Press., 2001.

Complementaria

- *Probabilidad y Estadística.* R. E. Walpole, R.H. Myers. Ed. McGraw Hill 2005.
- *Experimental Methods. An introduction to the analysis of Data*. L. Kirkup. Ed. J. Wiley & Sons. 1994.
- *Curso y ejercicios de estadística*, Quesada, Isidoro & López. Ed. Alhambra. 1989.

Recursos en Internet

La asignatura está dada de alta en el Campus virtual.

Existe además una página web en http://fisicas.ucm.es/lab-fis-gen

En la página web de la asignatura existen enlaces a otros recursos.

https://www.phyphox.org	Experimentos de Física con el móvil
https://www.ucm.es/theoscarlab	Videos y fichas de experimentos de Física

Metodología

La asignatura consta de clases teóricas, sesiones de laboratorio y de informática.

Las clases teóricas constaran de exposiciones del profesor, con proyección de diapositivas y realización de ejercicios.

En las sesiones de laboratorio (de 3.5 horas cada una) se realizarán, o recuperarán, de forma individual, prácticas guiadas, con un guion previo. A lo largo de cada práctica los alumnos dispondrán de un profesor que explicará la práctica y contestará a sus preguntas. Al finalizar la práctica se entregará un formulario relleno con las medidas y cálculos realizados. Adicionalmente, en la mitad de las prácticas, aproximadamente, se entregará una memoria del trabajo realizado en la sesión siguiente a la de realización de la práctica. Los formularios e informes serán corregidos y evaluados por los profesores y discutidos con los alumnos durante las sesiones de laboratorio.

Las sesiones de "análisis de datos" tienen como objetivo que los alumnos sean capaces de utilizar esta herramienta en sus cálculos e informes. Se realizarán en el Aula de Informática y serán 6 sesiones de 1.5 horas cada una.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	40%

Examen parcial: No

Calificación final del apartado de realización de exámenes: $N_{Exam} = N_{Final}$

donde N_{Final} es la calificación obtenida en el examen final.

Según acuerdo de la junta de facultad, al menos el 60% de los exámenes parciales y finales de primer curso debe ser común a todos los grupos.

Otras actividades	**Peso:**	60 %

Realización de prácticas en el laboratorio y en el aula de informática. Cuestionarios online.

Se entregará un informe de las medidas realizadas. Para las prácticas de laboratorio, aproximadamente en el 50% de los casos se tratará de un informe completo, incluyendo una descripción del método empleado, estimación de las incertidumbres asociadas y una discusión de los resultados obtenidos. En el resto de los casos sólo se presentarán las medidas y resultados.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.4N_{Exam} + 0.6N_{OtrasActiv}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$

Nota mínima final de Otras actividades para aplicar la ponderación: $N_{OtrasActiv} \geq 4$

Para aprobar la asignatura, será necesario haber realizado todas las prácticas y entregado todos los informes y resultados.

Si es necesario las notas de las actividades se guardan para la convocatoria extraordinaria, en la que se ofrecerá, asimismo, la posibilidad de ser evaluado de las prácticas no realizadas durante el curso.

La calificación final de la convocatoria extraordinaria se obtendrá utilizando la misma fórmula.

3. English Files for First Year Subjects

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Physics Fundamentals I	Code	800490	Year	1st	Sem.	1st
Module	Basic Core	**Topic**	Physics	**Character**	Obligatory	

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	9	4.5	4.5
Semester hours	84	39	45

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To handle fundamental concepts in Physics such as: particle, field, system of reference, energy, momentum, conservation laws, macroscopic and microscopic points of view.
- To get knowledge and understanding of fundamental physical phenomena, including those related to classical mechanics and thermodynamics.
- To begin to formulate and solve simple problems in Physics, identifying the relevant physical phenomena involved and carrying out order estimates and order-of-magnitude calculations.
- To get an overview of the state of the art in Physics.

Brief description of contents

Newtonian mechanics, introduction to the special theory of relativity, ideal fluids, thermodynamics.

Prerequisites

Physics and mathematics knowledge acquired in "Bachillerato".

Coordinator	Carlos Díaz - Guerra Viejo		Dept.	FM
	Room	02.111.0	e-mail	cdiazgue@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Tu, Th, Fr	11:00 – 13:00	Carlos Díaz-Guerra Viejo	Complete semester	84	T/E	FM

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Carlos Díaz-Guerra Viejo	L, M: 14.30-16.00 +3h On line	*cdiazgue@ucm.es*	02.111.0

Syllabus

1. Introduction.
Magnitudes and units of measurement. Scalar and vector quantities. Introduction to vector calculus. Coordinate systems.

2. Kinematics.
Speed and acceleration. Acceleration components. Relative translation movement: Galilean transformations.

3. Dynamics.
Newton´s laws: inertial mass. Linear momentum and its conservation. Principle of relativity. Inertial forces. Torque. Angular momentum. Central forces.

4. Work and Energy.
Kinetic energy. Potential energy. Gradient. Conservative forces. Potential energy curves. Conservative and dissipative forces. Energy dissipation.

5. Motion of a system of particles. Rigid objects.
Center of mass of a system of particles Linear momentum and angular momentum. Orbital angular momentum. Spin. Kinetic energy of a system of particles and its conservation. Moment of inertia. Rotational motion of a rigid object. Binding energy of a system of particles.

6. Relativity.
The Michelson–Morley experiment. Lorentz´s transformation. Time dilation. Lorentz contraction. Simultaneity. Velocity transformation equations. Momentum. Relativistic energy.

7. Oscillatory Motion. Kinematics of a harmonic oscillator.
Kinematics of a harmonic oscillatory movement. Force and energy. The simple pendulum. Superposition of harmonic movements. Damped oscillations.

8. Universal Gravitation.
Kepler´s laws. Newton's law of universal gravitation. Gravitational potential energy. The gravitational field: field lines, flux, Gauss´s theorem. Gravitational potential. Gravitational field of a spherical body.

9. Fluids.
Hydrostatics. Pressure in a fluid. Pascal´s principle. Archimedes´s principle. Fluid Dynamics. Bernouilli´s equation. Viscosity.

10. Thermodynamics.
Heat and temperature: Temperature and thermal equilibrium. Temperature scales. Equation of state for an ideal gas. Kinetic theory of gases. Heat and specific heat. Mechanical work. *First law*: thermodynamic processes. Internal energy of an ideal gas. Adiabatic processes for an ideal gas. Reversible and irreversible processes. *Second Law*: cyclic transformations. The second law of Thermodynamics. Entropy.

Bibliography

Basic

- M. Alonso and E. J. Finn, *Physics* (Pearson Education) [*Física* (Addison-Wesley Iberoamericana, 1995].
- Sears, Zemansky, Young and Freedman, *University Physics with Modern Physics, 13th Edition,* Pearson [*Física Universitaria* (12ª Ed., Pearson Educación, México 2009].
- R. A. Serway and J.W Jewett, *Physics for Scientists and Engineers* (Brooks/Cole, 9th Ed. (2014). [*Física*, 1er vol., 4ª Ed. (McGraw-Hill, Madrid, 2001)].
- P. A. Tipler and G. Mosca, *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*(Freeman, 6th Ed. (2007). [*Física para la ciencia y la tecnología*, 1er vol., 6ª Ed. (Reverté, Barcelona, 2010)].

Complementary

- Feynman R.P., Leighton R.B. & Sands M., *Physics,* (Addison Wesley, 1987).
- F.A. González, *La física en problemas,* (Tébar, 2000).
- M. Lozano Leyva, *De Arquímedes a Einstein: los diez experimentos más bellos de la física*, (Debate, 2005).
- J.I. Mengual, M.P. Godino y M. Khayet, *Cuestiones y problemas de fundamentos de física*, (Ariel, Barcelona, 2004).

Online Resources

UCM Virtual Campus

Other resources:

- Catalogue of experiments for General Physics. http://www.ucm.es/centros/webs/oscar
- Interactive Physics Course, by Ángel Franco García. http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/
- MIT open course http:/ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/index.htm
- Caltech videos "The mechanical universe" http://www.acienciasgalilei.com/videos/video0.htm

Methodology

Teaching activities:

- Theory lessons. Main concepts will be explained and will be illustrated with examples and practical applications. (3 h/week).
- Practical lessons: exercises, case studies and other activities. (3 h/week).

Both blackboard and computer-aided classroom presentations will be used for theory lessons. Occasionally, theory lessons will be complemented with computer simulations or virtual exercises.

Students will be provided in due time and through the Virtual Campus with the list of exercises and problems that will be solved during the practical lessons.

Continuous assessment will be partially based on out-of-class works and exercises.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	75%

A midterm and a final exam, both of the same type, will be evaluated to obtain the so- called N_{Final} mark. Such mark is the best score of the following options:

$$N_{Final} = 0.3N_{Ex_Parc} + 0.7N_{Ex_Final}$$

$$N_{Final} = N_{Ex_Final}$$

where N_{Ex_Parc} is the mark obtained in the midterm exam and y N_{Ex_Final} is that obtained in the final exam (both over 10).

To pass the subject, (N_{Ex_Final}) must be ≥ 4.

Exams will be divided in two parts: short questions (theoretical or practical) and problems.

According to the Faculty Board agreement, at least 60% of the content of the first-year midterm and final exams must be shared by all groups.

The same exam will be taken by all the students, irrespective of their group.

Other Activities	**Weight:**	25%

Continuous assessment activities may include:

- Problems and exercises to be solved in group or individually.
- Short exams or tests (classroom)
- Online tests or questionnaires (Virtual Campus)

Final Mark

The final mark is the best score of the options as follows:

$$C_{Final} = 0.75\ N_{Final} + 0.25N_{OtherActiv}. \quad or \quad C_{Final} = N_{Final}.$$

where $N_{OtherActiv}$ is the mark corresponds to *Other Activities* score and N_{Final} to the exam score.

The final mark in July will be obtained following exactly the same assessment procedure.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Mathematics		**Code**	800492	**Year**	1st	**Sem.**	1st
Module	Basic Core	**Topic**	Mathematics			**Character**	Obligatory

	Total	**Theory**	**Exercises**
ECTS Credits	9	4	5
Semester hours	84	34	50

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- Reinforce previous elementary mathematical concepts.
- Acquire the ability to analyze and calculate limits and derivatives.
- Know how to study real functions of a real variable and find their extrema.
- Know how to calculate definite and indefinite integrals of functions of a real variable.

Brief description of contents

Review of basic mathematical concepts, differential and integral calculus of functions of a real variable.

Prerequisites

High-school Mathematics.

Coordinator	Víctor Martín Mayor		**Dept.**	FT
	Room	03.323.3	**e-mail**	vicmarti@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	W,Th, Fr	9:00 – 11:00	María Jesús Rodríguez Plaza	Full term	84	T/E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	María Jesús Rodríguez Plaza	We: 10:30-12:30 Th: 12:30-14:30 Fr: 12:00-14:00	mjrplaza@fis.ucm.es	03.309.0

Syllabus

1.- Review. Sets. Mathematical language. Newton's binomial theorem. Real numbers. Inequalities.

2.- Real functions. One-one and onto functions. Review of the elementary functions: polynomial, exponential, logarithmic and trigonometric.

3.- Infinite numerical sequences. The concept of limit. Calculation of limits.

4.- Limits and continuity of functions. Theorems on continuous functions defined on intervals.

5.- Definition and calculation of derivatives. Differentiability of the elementary functions. The chain rule. Theorems on differentiable functions.

6.- Applications of the derivative. Extrema. Graph of a function.

7.- Infinite numerical series. The geometric series and its sum. Convergence tests: the comparison test, the limit test, the Leibniz test, the ratio test, the radical test.

8.- Power series. The radius of convergence, operations with power series, differentiation. Taylor polynomials and Taylor series.

9.- Calculation of limits. Use of L'Hopital's rule and Taylor polynomials.

10.- The concept of integral. Definition. The fundamental theorem of Calculus.

11.- Calculation of antiderivatives. Partial integration. Antiderivatives of rational functions. Change of variables. Antiderivatives of trigonometric functions.

12.- Improper integrals. Unbounded integration interval or unbounded function. Convergence tests.

Bibliography

Basic:

– Stewart, J, *Calculus: Early Transcendentals*, Brooks/Cole Pub Co, 1995.

– Boas, Mary L., *Mathematical Methods in the Physical Sciences*, John Wiley & Sons, 2006.

Complementary:

– Spivak, M., *Calculus*, Publish or Perish, 1980.

Online Resources

Material and announcements related to the course will be posted in the UCM "Campus Virtual".

Methodology

Review lectures will consist essentially of problem-solving sessions. In the ordinary lectures, half of the time will be spent on theoretical explanations (including examples) and the other half on problem solving sessions. The corresponding exercises will be made available to the students in advance.

Along the course, additional take-home exercises, quizzes or projects may be assigned. In addition, exercises or tests similar to those discussed in problem-solving sessions may be given during lecture hours and graded.

The instructor will answer both theoretical and problem-related questions from the students in his office during tutoring hours.
There will be a mid-term exam covering the first half part of the material, and a final exam at the end of the term. Examination questions and exercises will be similar to those explained in the lectures/problem-solving sessions. Older exams will be facilitated in advance to the student

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	70%

A midterm exam (mid-semester) and a final exam will be held. The midterm exam will not eliminate

any coursework. The content assessed in the midterm exam may also be assessed in the final exam.

The final exam grade, E, will be obtained as follows:

$$E=\max(F,0.4\times P+0.6\times F).$$

where P is the grade obtained on the midterm exam and F is the grade obtained on the regular final exam, both on a scale of 0 to 10. To pass the course, a grade of F must be greater than or equal to 4.

In the extraordinary session, all students must take the entire course. The grade for the July extraordinary session will be obtained following exactly the same evaluation procedure.

According to the Faculty Board agreement, at least 60% of the content of the first-year midterm and final exams must be shared by all groups.

60% of the questions will be common to all groups in both the midterm and final exams.

Other Activities	**Weight:**	30%

The lecturer of each group decides how to grade these Other Activities. Partial or full credits will be assigned to problems or tests solved individually or in groups in the classroom or as homework; or by regular lecture attendance and supervisions, or by any other academic activity that the professor may find of relevance.

The grade of these activities, denoted by A, will be a number between 0 and 10.

Final Mark

With E denoting the mark in exams and A denoting the final mark accounted in Other Activities, the final grade C_F of the student will be given provided that $E \geq 4.5$ by the formula

$$C_F = \text{máx}(0.3*A+ 0.7*E,E).$$

A student will pass the course if $C_F \geq 5$.

If $E<4.5$ the final mark of the course will be E.

Extraordinary exams will follow the same rules.

Bachelor in Physics
(Academic Year **2025-26)**

Chemistry		**Code**	800495	**Year**	1º	**Sem.**	1º
Module	Basic Core	**Topic**	Chemistry			**Character**	Obligatory

	Total	**Theory**	**Problems/Laboratory**
ECTS Credits	6	3	3
Semester hours	58	26	20/12

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To understand the general concepts in Chemistry.
- To know the most relevant mechanisms involved in the chemical transformation of matter.
- To become familiar with the main chemical structures and basic notions of chemical, kinetic and electrochemical equilibrium.
- To assimilate those aspects of Chemistry related to Physics.

Brief description of contents

Chemical reactions, Chemical kinetics, Chemical equilibrium, Electrochemistry, Chemical bonding, Organic Chemistry.

Prerequisites

Completed studies in Chemistry, Physics and Mathematics is recommended.

Related Subjects

Thermodynamics; Materials Physics; Atmospheric Physics; Atomic and Molecular Physics…

Coordinator	Jesús Fernández Castillo			**Dept.**	QF
	Room	QA241	**e-mail**	jfernand@ucm.es	
Laboratory Coordinator	Cristina Díaz Blanco			**Dept.**	QF
	Room	QA508	**e-mail**	crdiaz08@ucm.es	

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	**Lecture Room**	**Day**	**Time**	**Professor**	**Hours**	**T/P**	**Dept.**
B	7	Tuesday Wednesday	9:30-11:00 11:00-13:00	Helena Gavilán Rubio	46	T/P	QF

T: Theory, P: Problems

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Helena Gavilán Rubio	W,T: 11:00-14:00	hgavilan@ucm.es	QA247B

Horarios de Laboratorios			Nº sesiones:	4
Grupo	**Días- Horas**	**Profesores**	**email**	
LB1	15:00h-18:00h 08-10-2025, 15-10-2025, 22-10-2025, 29-10-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Alfredo Casasnovas	acasasno@ucm.es	
LB2	15:00h-18:00h 05-11-2025, 12-11-2025, 19-11-2025, 26-11-2025	Lucía Labrador	lulabrad@ucm.es	
		Francisco de Asís Gámez	frgamez@ucm.es	

Students who have previously passed the laboratory, must choose group NP (non-attendance: the previous grade of the lab is maintained) unless they justify the need to repeat the laboratory.

Sessions: Four three-hour sessions

Location: Laboratorio Integrado de Experimentación en Química (Facultad de CC Químicas. Planta Baja: Lab. Química General)

Syllabus	Weeks*
1. **Atomic structure**. Notions of quantum mechanics. Quantum numbers and atomic orbitals. Electronic configurations. Periodic table. Periodic properties.	1.5
2. **Chemical bonding.** Different types of bonds. Lewis Model, Covalent bond. Bond Polarity. Electronegativity. Resonance. VSEPR theory. Introduction to the valence bond method. Hybridization. Molecular Orbital Theory. Metallic bond. Intermolecular forces. Ionic bonding. Reticular energy. Born-Haber cycle. Different types of solids.	2.5
3. **Stoichiometry.** Atomic mass. The Mole concept. Avogadro's constant. Determination of chemical formulae. Chemical reactions and the chemical equation. The limiting reagent. Solutions. Gases in chemical reactions.	1.5
4. **Chemical kinetics.** Reaction rate. Rate law. Reaction orders and molecularity. Integrated rate equations. Arrhenius equation. Reaction mechanisms.	1.0
5. **Fundamentals of chemical equilibrium**. Thermochemistry. Spontaneity. Chemical equilibrium. Relationship between Gibbs free energy and the equilibrium constant. The effect of temperature on the equilibrium constant. Effect of a change in conditions on the chemical equilibria: Le Châtelier's principle.	2.0
6. **Acid-base equilibria.** Concept of acids and bases. pH scale. Relative strengths of acids and bases. Hydrolysis. Buffer solutions. Acid-base indicators. Titration.	1.5
7. **Solubility equilibria.** Solubility and precipitation. Solubility product constant. Common ion effect. Fractional precipitation. Solubility and pH. Complex ion equilibria and solubility.	1.5
8. **Electrochemistry**. Oxidation-reduction processes. Balancing oxidation-reduction equations. Electrochemical cells. Electrode potentials. Nernst's equation. Connection between cell potential and equilibrium constant. Electrolysis.	2.0
9. **Organic chemistry**. Organic compounds and their structures. Hydrocarbons. Chemical nomenclature. Main functional groups.	0.5
*: Aproximated number of weeks per topic.	

Laboratory Exercises	Sessions
● Acid-base: pH measurement.	1
● Preparing solutions. Reaction kinetics.	1
● Acid-base titration. Solubility.	1
● Electrochemistry.	1

Bibliography

Basic

- General Chemistry: Principles and modern applications, by RALPH H. PETRUCCI; WILLIAM S. HARWOOD; GEOFFREY HERRING.
- General Chemistry: The Essential Concepts, by Raymond Chang.

Complementary

- Chemistry by Raymond Chang
- J. Casabó, Enlace Químico y Estructura de la Materia (Reverté, 1996).
- J. Keeler y P. Wothers, Why chemical reactions happen? (Oxford University Press, 2003).

Online Resources

Virtual Campus

Methodology
On-campus teaching 100%

In each lesson the following training activities will be developed:

- A presentation of the subject, with emphasis on the most important points.
- Some exercises will be solved by the teacher in class, discussing the relevant steps. Other problems will be solved by the students. The mark got by the volunteer will be included in his/her final assessment.

Laboratory: The students will carry out the experiments described in the practice script (available at the virtual campus). The students will reproduce the measured data and describe the results in the practice report (template available at virtual campus). The practice reports will be collected on the day of the laboratory exam.

Questions will be answered in the teacher's office during the stated office hours.

It is strongly recommended to take advantage of these personal tutorials.

The teaching materials will be available to students via the Virtual Campus (CV).

Evaluation Criteria

Exams	Weight	70%

A midterm exam and a second partial exam or, alternatively, a final exam. Note: The material covered in the midterm exam will not be tested again if the student’s mark is higher than 4.

Each exam consists of exercises that will be a combination of theoretical questions and problems that will assess the ability of the student to apply the fundamental concepts to solve Chemistry problems.

In this section, the final mark will be the one calculated by taking the average of the scores obtained in the two partial exams or the one obtained in the final exam if the student does the final exam.

According to the Faculty Board agreement, at least 60% of the content of the first-year midterm and final exams must be shared by all groups.

100% of the exam will be common to all groups.

Other Activities	Weight	30%

- Compulsory Lab sessions (20%). A basic knowledge test will be given before each session. The laboratory mark will be the average between the exam score, the practice report score and the on-site assessments. The laboratory mark is valid for two school years
- Continuous evaluation (10%): Attendance and participation. Short questionaries during the classes.

Final Mark

The final mark is the score of the sum of the numerical scores of the previous sections, weighted by the coefficients indicated in each case: Exams 70% + Other activities 30%.

If the mark of the exams sections is less than 4 over 10, it will contribute to the final mark with 0.

The extraordinary June call will follow the same procedure for the calculation of the final mark.

Bachelor in Physics
(Academic Year **2025-26**)

Scientific Computer Laboratory		**Code**	800496	**Year**	1º	**Sem.**	1º
Module	Basic Core	**Topic**	Computer Science		**Character**	Basic	

	Total	**Theory**	**Laboratory**
ECTS Credits	6	1	5
Hours in to attend	70	10	60

Learning Objectives

The course aims to:

- Get to know the computer as a useful tool for numerical analysis and for experimental data analysis.
- Learn how to use computational tools for solving physics problems and illustrating mathematical concepts.
- Learn basic, general-purpose programming structures.
- Learn, program and use basic algorithms of numerical analysis.

Brief description of contents

Introduction to computer programming. Graphical representation. Application to physics problems.

Prerequisites

Only basic computer user's skills are required.

Related Subjects

Scientific computing has a global impact. Nowadays, the development of science is, in some way, linked to the development of computers.

Thus, The Scientific Computing Laboratory has an impact on almost any other subject of the Physics degree.

Coordinator:	Lía García Pérez		**Dpt.:**	DACYA
	Room:	02.225.0	**E-mail**	liagar05@ucm.es
	Álvaro de la Cámara Illescas		**Dpt.:**	FTA
	Room:	04.229.0	**E-mail**	acamarai@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	**Lecture Room**	**Day**	**Time**	**Professor**	**Period/ Dates**	**Hours**	**T/E**	**Dept.**

B	7	T	13:00 – 14:00	Mohammadreza Rezaei	Full term	10	T	DACYA

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Mohammadreza Rezaei	1er. sem: L 15:00 - 16:30 X 15:00-16:30 2º sem: X 11:30-13:00 y 15:00-16:30	mrezaei@ucm.es	02.227

Laboratory Schedule			**No. of sessions:**	**28**
Group	**Computer Lab**	**Day - Hours**	**Remarks**	
LB1	A2	Mo 12:00-14:00 Th 13:45-16:00	Practical work is split into two sessions per week: one of two hours and another one of two and a quarter hours. There are four and a quarter hours of practical work per week. Tutorials are conducted via e-mail. Face-to-face tutorials can be requested by e-mail.	
LB2	A3			

Laboratory Teaching Staff					
Group	**Computer Lab**	**Professor**	**Hours**	**Dpt.**	**e-mail**
LB1	A2	Mohammadreza Rezaei	60	DACYA	mrezaei@ucm.es
LB2	A3	Segundo Esteban San Román	60	DACYA	sesteban@ucm.es
LB1-2	A2/A3	Blanca Ayarzagüena Porras	30	FTA	bayarzag@ucm.es

Syllabus

Topic 1: Introduction to scientific computing

- Main parts of a computer
- Computer description levels: hardware and software
- Introduction to scientific software

Topic 2: Floating-point Arithmetic

- Numerical representation: Integers and real numbers
- Round-off Errors. Relative errors. Error units in last place (ulps)

Topic 3: Roots (zeros) of a function

- Local methods for root computing
- Fundamentals of successive approximation methods.
- Convergence
- Numerical instability

Topic 4: Systems of linear algebraic equations

- Solving linear systems by direct methods
- Solving linear systems by iterative methods

Topic 5: Curve Fitting and Data interpolation

- Curve Fitting and Data interpolation fundamentals
- Global interpolation methods
- Local interpolation methods
- Least Square Regression Methods

Topic 6: Differentiation and Integration

- Finite difference approximations for derivatives
- Numerical Integration
- Discrete solution for initial value problems

Laboratory Exercises	Sessions
Exercise 1: Introduction to Python ● Development Environment ● Variables and operators ● Internal Functions ● Loops and conditional statements ● Creating functions and Scripts ● Graphical representation	12
Exercise 2: Roots (zeros) of a function ● Iterative methods ● Python root finding	4
Exercise 3: Systems of linear algebraic equations ● Direct methods ● Iterative methods ● Convergence análisis	4
Exercise 4: Curve fitting and Data interpolation ● Global interpolation methods ● Local interpolation methods ● Least Square Regression Method	4
Exercise 5: Differentiation and Integration ● Finite difference approximations for derivatives ● Numerical Integration ● Discrete solution for initial value problems	4

Bibliography

Recommended reading

- Jiménez, J., García H., García L. (2025). Laboratorio de Computación Científica https://github.com/UCM-237/LCC_Python/blob/main/pdfs/lcc_manual.pdf
- Kong, Q., Siauw, T., & Bayen, A. (2020). Python programming and numerical methods: A guide for engineers and scientists. Academic Press.

Complementary reading

- Dianne P. O'Leary, (2009). *Scientific Computing with case studies*. Ed. SIAM

Online Resources

The course has a dedicated page at the UCM CAMPUS VIRTUAL

Methodology

The course is mainly practical.

Course Activities:

- Lectures: Theoretical presentations covering the main topics for each subject. Lectures will introduce the basic problems and methods that will be fully developed during the laboratory sessions.
- Laboratory sessions: A series of guided exercises in Python undertaken by the students. Each laboratory exercise covers one or more laboratory sessions. The student should prepare beforehand these sessions, using the laboratory exercise sheets available at CAMPUS VIRTUAL. Upon exercise completion, the student should submit to the professor a written report for assessment.
- Students may optionally undertake a project applying the methods covered in the course to some physics problem. The subject of this project must be previously agreed with the professor.

During the laboratory sessions every student will have a computer available to perform his or her exercises individually.

Students can attend tutorial sessions individually or in group, at the established times.

Assessment procedure

Exams	**Weight:**	40%

There will be two examinations, one in the ordinary call and another one in the extraordinary call. The examination will include theoretical questions, problems and practical exercises with the computer, similar to those covered during the practical sessions.

The exam will be performed through the CAMPUS VIRTUAL, so it may be done in a possible confinement scenario.

A minimum mark of 3.5 points out of 10 in the examinations is needed to compensate with the laboratory work.

According to the Faculty Board agreement, at least 60% of the content of the first-year midterm and final exams must be shared by all groups.

Laboratory	**Weight:**	60%

Laboratory practical work assessments will consist of tests and exercises. They will be performed

during laboratory sessions.
These tests will be performed through the CAMPUS VIRTUAL, so a possible confinement scenario will not affect them.
Assistance to laboratory sessions, submission of guided exercise reports in the deadline data and performing of tests and exercises are mandatory to pass the course. Only in exceptional and justified cases can the delivery of reports and tests be recovered.
The assessment of Other Activities (rank 0-10) results of the mean of the test marks. Some type of weighting may be adopted according to the development of the course.

Final Mark

In the ordinary call the final examination (Exm) will count the 40% of the final course mark, provided the minimum examination mark has been achieved. The Other activities mark (Lab) will count 60% of the final course mark, provided the minimum examination mark has been achieved.

FinalMark = 0.4 x Exm + 0.6 x Lab if Exam >= 3.5

FinalMark = Exm if Exam < 3.5

In the extraordinary call the final mark will be the higher of these two options:

Option 1: the final examination will count the 40% of the final course mark, provided the minimum examination mark has been achieved. The laboratory mark will count 60% of the final course mark, provided the minimum examination mark has been achieved.
Option 2: the final examination will count the 100%.
In all the cases the realization of the laboratory practical work will be mandatory.
Marks rewarded for optional coursework will be used to improve the course mark, according to criteria established by the professor.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Physics Fundamentals II	Code	800491	Year	1st	Sem.	2nd
Module	Basic Core	**Topic**	Physics	**Character**	Basic	

	Total	Theory	Exercises	Seminars
ECTS Credits	9	4	4	1
Semester hours	84	35	40	9

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

The student :

- will be able to deal with the basic concepts of Physics: particle, wave, field, reference system, energy, momentum, conservation law, macro and microscopic points of view, etc.
- will understand basic phenomena in Physics, including those related to electromagnetism, wave phenomena, optics and the properties of matter.
- will become familiarized with the formulation and resolution of simple problems in Physics, identifying the relevant principles and making use of estimations of orders of magnitude in them.
- will develop a panoramic vision of the range of problems within nowadays Physics.

Brief description of contents

Electromagnetism, wave phenomena, optics, introduction to modern Physics.

Prerequisites

Phisics Fundamentals I and Mathematics

Coordinator	Ana Urbieta Quiroga / Marta Ábalos Álvarez		Dept.	FM/FTA
	Room	02.104.0/04.234.0	e-mail	anaur@fis.ucm.es/ mabalosa@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	T Th F	12:00 – 14:00 11:00 – 13:00 09:00 – 11:00	María Luisa Montoya Redondo	19/01/26 until 06/03/26	42h	T/E	FTA
				Marta Ábalos Álvarez	09/03/24 until 08/05/24	42h	T/E	FTA

T: Theory, E: Exercises

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
B	María Luisa Montoya Redondo	We: 09.00h-12.00h + 3h. online	mmontoya@ucm.es	00.319.0
	Marta Ábalos Álvarez	Mo, We: 12.00h-13.30h + 3h online	mabalosa@ucm.es	04.234.0

Syllabus

1. **Electric field.** Electric charge. Conductors and insulators. Coulomb's law. Concept of electric field. Superposition of electric fields. Electric field lines. Electric dipole moment. Gauss's law and its applications. Electric fields and charges in conductors. Potential energy and electric potential. Equipotential surfaces. Potential gradient. Compute electric potential. Capacitors. Capacitance. Connection of capacitors. Energy in a capacitor. Dielectrics: electric polarization. Molecular models of dielectrics. Electric current: intensity. Electric resistance: Ohm's law. Electromotive force. Energy and power in circuits.
2. **Magnetic field.** Magnetism. Magnetic field: Lorentz force. Magnetic field lines and flux. Motion in a magnetic field. Magnetic force on a conductor. Magnetic field created by a current. Magnetic field created by a current loop: magnetic dipole and torque. Ampère's law: applications. Hall's effect. Magnetic materials.
3. **Electromagnetic field.** Electromagnetic induction: Faraday's law. Induced motional electromotive force. Induced electric field. Self-inductance. Mutual inductance. Magnetic field energy. Transformers. LRC circuits. Displacement current. Maxwell's equations.
4. **Waves: a general description.** Types of waves. Mechanical waves. Periodic waves and pulses. Speed of propagation. Energy and intensity of a wave. Boundary conditions for waves in a rope: reflection and transmission. Plane and spherical waves. Harmonic waves. Wave interference. Standing waves. Normal modes. Pulses. Dispersion. Waves of particular interest: sound waves, beats, Doppler effect.
5. **Electromagnetic waves and light.** Maxwell equations and electromagnetic waves. Electromagnetic spectrum. Energy and momentum of an electromagnetic wave. Electromagnetic waves in materials and interfaces. Dispersion, reflection and refraction. Geometric optics on the boundaries: rays and wave fronts. Fermat's principle. Polarization. Wave interference: concept of wave coherence. Diffraction. Fraunhofer diffraction by a slit. Diffraction grating. Resolving power.
6. **Quantum Physics.** Planck's quantum hypothesis for emission and absorption of light. Photoelectric effect. Photons. Compton's effect. Energy levels spectra. Bohr's model of the atom. Particles behaving as waves: de Broglie's wave length. Wave-particle duality: diffraction. Heisenberg uncertainty principle. Schrödinger equation.

Bibliography

Basic:

Sears, F. W., M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman, *University Physics*, 11th Ed., Pearson Education, 2004.

Serway, R. A., *Physics for Scientists and Engineers*, 5th Ed, McGraw-Hill. 2002.

Tipler, P. A. and G. Mosca, *Physics for Scientist and Engineers*. 5th Ed. W. H. Freeman and Company, New York, 2004.

Supplementary:

Alonso, M. and E. J. Finn, *Physics.* Addison-Wesley Iberoamericana. 1992.
Fernández Rañada, A. *Física Básica* (Alianza, Madrid, 2004)
Rex, A and R. Wolfson, Essential College Physics. Pearson Education, 2010.
Lea, S. M. and J.R. Burke, Physics: The Nature of Things, West Publishing Company, College and School Division, 1997.
Mengual, J. I., M.P. Godino y M.Khayet, *Cuestiones y problemas de fundamentos de física*, Ariel, Barcelona, 2004.
Sánchez del Río, C., *Los principios de la física en su evolución histórica*, Ed. Instituto de España, Madrid, 2004.

Seminars Program

Dates:

- February 12th. Seminar 1
- February 26th. Seminar 2
- March 19th. Seminar 3
- April 9th. Seminar 4
- April 23th. Seminar 5

These dates are not absolutely fixed and can suffer changes according to availability of the speaker.

Schedule: Thursdays 11:00-12:30 or 14:30-16:00

Tentative topics of the program: Astrophysics, condensed matter, quantum physics, geophysics, magnetism and superconductivity, biophysics, climate change, artificial intelligence, etc …

Online Resources

Course materials and tests will be provided through the Virtual Campus.

Other resources:

· Interactive website course by Ángel Franco García http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/
· College Physics: http://cnx.org/contents/031da8d3-b525-429c-80cf-6c8ed997733a:1/College_Physics
· Physclips: http://www.animations.physics.unsw.edu.au/
· PHET interactive simulations for Physics: ttps://phet.colorado.edu/es/simulations/category/physics
· OSCAR Physics demonstrations: http://www.ucm.es/theoscarlab
· Feynman Lectures: http://www.feynmanlectures.caltech.edu/
· MIT open courses (course 8.02 and units II and III of course 8.03):
http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/index.htm
· Hyperphysics: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/HFrame.html
· Caltech, the Mechanical Universe: http://www.acienciasgalilei.com/videos/video0.htm

Methodology

The course involves the following educational items:

• Theoretical lessons (lectures) including explanations for the main concepts of the course, including examples and practical demonstrations of concepts using easy-to-carry laboratory materials (3 hours per week).

• Practical lessons involving the resolution of exercises and coordinated discussion of quiz and frequently asked questions (3 hours per week).

• Five seminar talks about topical subjects at the forefront of present day Physics. The seminars will take place during regular course days and will be repeated in a morning and afternoon slot so that all student groups can attend. The seminar talks will be attended both by students and professors. A 6^{th} seminar will take place in the classroom addressing topics organized by the professors and/or the students.

Theoretical lessons will be developed using the chalkboard and/or slide show presentations. These lectures will be complemented by experimental demonstrations that can be developed in the classroom or in the lab. Ad. Hoc. computer simulations and supporting web interactive demonstrations will be additionally used.

Student cooperation will be encouraged during exercise or tutoring workshops. Materials will be available for the students beforehand in the Virtual Campus. Students will have to resolve and deliver specifically addressed exercises and/or tests in the Virtual Campus as part of the ongoing evaluation.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	75%

Midterm Exam: Yes Eliminatory: Yes Minimum grade for elimination: $N_{Midterm} \geq 5$

Midterm weight: 50%

Final Exam:

- If $N_{Midterm} < 5$: the entire subject will be covered.
- If $N_{Midterm} \geq 5$, there are two options:

a) Take an exam that will cover only the content explained in the second part of the subject, on the same date and time as the final exam. The grade will be $N_{Final2ndPart}$, between 0 and 10.

b) Take the final exam. The grade will be N_{Final}, between 0 and 10.

In the July extraordinary session, a single final exam will be given that will cover the entire subject.

Final mark for the Exams section, N_{Exam}:

- If option a) is chosen and $N_{Final2ndPart} \geq 4$: $N_{Exam} = 0.5\ N_{Partial} + 0.5\ N_{Final2ndPart}$
- If $N_{Midterm} < 5$ or in case option b) is chosen: $N_{Exam} = N_{Final}$

According to the faculty board's agreement, at least 60% of the first-year midterm and final exams must be shared by all groups.

Other Activities	**Weight:**	25%

The following activities will be developed and evaluated:

- Exercises hand outs and/or tests in Virtual Campus.
- Assistance to seminar talks and hand out of short reports.
- Other coordinated workshop or tutorship activities, classroom presentations, specifically

assigned exercises/reports, etc.

The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.

Final Mark

Final mark:

$$C_{Final} = \max \{ 0.75N_{Exam} + 0.25\, N_{OtherActiv} ,\ N_{Exam} \}$$

Minimum final Exams mark for weighting: $N_{Exam} \geq 4.5$

The final mark criterion, as well as the mark corresponding to other activities, will be maintained in the exam of the extraordinary call.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025/26)

Calculus				Code	800493	Year	1st	Sem.	2nd
Module	Basic Core	Topic	Mathematics			Character	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	7.5	4.5	3
Semester hours	69	39	30

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

1. Develop the ability to calculate and manage limits, partial derivatives, and multivariable Taylor's series expansion.
2. Learn how to analyze functions of several variables and characterize their extrema.
3. Learn how to calculate and manage the gradient of a function, as well as the divergence and the curl of a vector field.
4. Learn how to calculate curvilinear, surface, and volume integrals, as well as how to apply the fundamental theorems that relate them.

Brief description of contents

Differential and integral calculus with several variables.

Prerequisites

It is necessary to have knowledge of differential and integral calculus of real functions of a single variable. The student must understand the meaning, and be able to calculate, the limits, derivatives and integrals of real functions of a single variable, as well as their Taylor's series expansion and characterize their extremes.

Coordinator	Gabriel Álvarez Galindo		Dept.	FT
	Room	02.317.0	e-mail	galvarez@fis.ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Tu We Th	10:30 – 12:00 11:00 – 13:00 9:30 – 11:00	Joaquín López Herráiz	January -March	41	T/E	EMFTEL
				Alberto Domínguez Díaz	March-May	28	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Joaquín López Herráiz	M: 13:00-15:00 J: 11:00-13:00	jlopezhe@ucm.es	03.235.0
	Alberto Domínguez Díaz	X: 11:00-14:00	alberto.d@ucm.es	03.219.0

Syllabus

1. **Differential calculus.**
   - Functions with real values: graphs and level curves.
   - Limits and continuity.
   - Partial derivatives and differentiability. Chain rule.
   - Gradient and directional derivatives.
2. **Maximum and minimum.**
   - Higher order derivatives. Taylor's theorem.
   - Extrema of a function with real values.
   - Restricted extrema: Lagrange multipliers.
   - Implicit function theorem.
3. **Functions with vector values.**
   - Trajectories, speed, acceleration.
   - Vector fields. Divergence and curl.
   - Vector differential calculus.
4. **Double and triple integrals.**
   - Double integral over rectangular regions. Integrability.
   - Double integral over more general regions.
   - Triple integrals.
   - Change of variables.
5. **Integrals over curves and surfaces.**
   - Integral of a function (scalar or vector) along a curve.
   - Parameterized surfaces. Area of a surface.
   - Integral of a function (scalar or vector) over a surface.
6. **Integral theorems of vector calculus.**
   - Green's theorem.
   - Stokes' theorem.
   - Conservative vector fields.
   - Gauss's theorem.

Bibliography

Basic:

- J.E.Marsden and A.J.Tromba, Vector Calculus, W. H. Freeman; Sixth edition, 2012.
- R.Larson, R.P.Hostetler and B.H.Edwards, *Calculus II. H*oughton Mifflin Company; 8th edition (2005).

Complementary:

- James Stewart, Multivariable Calculus, Cengage Learning; 8th edition, 2015.
- Ron Larson and Bruce H. Edwards, Multivariable Calculus, Cengage Learning; 11th edition (2017)

Online Resources
Virtual Campus: Documents (pdf), Exercises, Forum Online Classes: Microsoft Teams (within the Virtual Campus). Alternatively: Google Meet Computation Online: Matlab Online (available using the UCM email account) and Google Colab (Python) Other: Kahoot (for short exercises) and Google Drive (for sharing large videos).

Methodology
Theory lectures will focus on the main concepts, including examples and applications and many problems will also be solved. Classes will be taught using the blackboard and sometimes with a computer and a projector. Students will receive in advance a set of exercises to be discussed in class. Students will receive exam copies from previous years. All the materials will be available on the Virtual Campus.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	75%
Midterm Exam: Yes Eliminatory: No Weight of the midterm exam: 40% Final mark for the Exams section: $N_{Exam} = \max \{ N_{Final}, 0.4\, N_{Partial} + 0.6\, N_{Final} \}$ where $N_{Partial}$ is the mark obtained on the midterm exam and N_{Final} is the mark obtained on the final exam, both between 0 and 10. Minimum mark on the final exam for weighting: $N_{Final} \geq 4$. If this condition is not met, the course will not be passed. According to the faculty board's agreement, at least 60% of the first-year midterm and final exams must be shared by all groups.		
Other Activities	**Weight:**	25%
In the “Other Activities” section some of the following activities may be evaluated: • Delivery of problems and exercises, individual or in groups, which may be done or be solved during the classes. • Additional tests, written or oral, always as a voluntary basis. The grade obtained in this section will also be taken into account in the extraordinary call. The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.		
Final Mark		

Final mark:

$$C_{Final} = \max \{0.75N_{Exam} + 0.25N_{OtherActiv}, N_{Exam}\}$$

Minimum mark on the final exam for weighting: $N_{Final} \geq 4$

The final mark criterion, as well as the mark corresponding to other activities, will be maintained in the exam of the extraordinary call.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Algebra				Code	800494	Year	1st	Sem.	2nd
Module	Basic Core	Topic	Mathematics			Character	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	7.5	4.5	3
Semester hours	69	39	30

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

To study and understand the following conceptual systems:

1. Linearity, linear independence and dimension
2. Linear applications: their matrix representation and the diagonalization problem.
3. The Geometry of spaces with scalar product. Symmetric and unitary operators.

Brief description of contents

Linear spaces and transformations. Euclidean spaces. Second degree curves.

Prerequisites

The Mathematics studied in High School.

Coordinator	Juan José Sanz Cillero		Dept.	FT
	Room	02.327.0	e-mail	jjsanzcillero@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Tu We Fr	9:00 – 10:30 9:30 – 11:00 11:00 – 13:00	Juan José Sanz Cillero	1st part	25	T/E	FT
				Rafael Hernández Redondo	2nd part	44		

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Juan José Sanz Cillero	M,J: 14:00-16:00 X: 11:00-13:00	jusanz02@ucm.es	02.327.0
	Rafael Hernández Redondo	M, X: 9:00-12:00	rafael.hernandez@fis.ucm.es	03.308.0

Syllabus

1.- PRELIMINARY:

1. Algebraic properties of real and complex numbers
2. Fundamental theorem of Algebra. Factorization of polynomials.
3. Systems of linear equations. Gauss elimination Method.
4. Matrices. Transposed matrix. Sum of matrices. Product of a scalar by a matrix.
5. Matrix product. Inverse matrix.

2.- VECTOR SPACES

1. Definition and examples of vector spaces. Linear combinations
2. Subspaces. Subspace generated by a set of vectors. Intersection and sum of subspaces.
3. Linear dependence and independence.
4. Bases. Dimension. Coordinates. Change of basis.
5. Direct sum of subspaces. Bases adapted to a direct sum.
6. Elementary operations in an ordered family of vectors.

3.- LINEAR MAPS, MATRICES AND DETERMINANTS

1. Definition and elementary properties of linear maps.
2. Nucleus and image of a linear map.
3. Injective, suprayective and bijective linear maps.
4. Matrix of a linear map. Change of basis.
5. The permutation group.
6. Determinants

4.- EIGENVALUES AND EIGENVECTORS

1. Eigenvalues and eigenvectors. Linear independence Theorem.
2. Characteristic polynomial.
3. Eigenspaces. Algebraic and geometric multiplicity. Diagonalization.
4. Invariant subspaces. Block diagonalization.

5.- SCALAR PRODUCT

1. Scalar product. Norm. Distance.
2. Parallelogram Identity. Polarization. Cauchy-Schwarz inequality. Triangular inequality.
3. Scalar product expression in a basis. Change of basis.
4. Orthogonality. Orthonormal bases. Gram-Schmidt method.
5. Orthogonal projection.

6.- LINEAR MAPS BETWEEN SPACES WITH SCALAR PRODUCT

1. Adjoint linear map. Elementary properties. Matrix representation.

2. Normal operators. Diagonalization of normal operators.
3. Self-adjoint and unitary operators in complex vector spaces.
4. Symmetric and orthogonal operators in real vector spaces. Rotations.

7.- **BILINEAL AND QUADRATIC FORMS**

1. Bilinear and quadratic forms in real spaces. Matrix representation. Change of basis.
2. Reduction of quadratic forms to sum of squares. Law of Inertia.
3. Factorizable real quadratic forms.
4. Positive definite quadratic forms. Sylvester's criterion.
5. Flat curves defined by second degree polynomials. Conics.

Bibliography

Basic:

- R. Larson, B. H. Edwards, D. C. Falvo, *Elementary Linear Algebra*, Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, 2009.
- D. C. Lay, *Linear Algebra and Its Applications (5th Edition)* Pearson Education Limited 2016.
- G. Strang, *Linear Algebra and its Applications*, Brooks Cole, International Edition, 2004.
- S. Lipschutz, Theory and Problems of Linear Algebra, Schaum's Outline Series. McGraw-Hill. 2004

Complementary:

- J. Arvesú, F. Marcellán, J. Sánchez, *Problemas Resueltos de Álgebra Lineal*. Thomson, 2005.
- M. Castellet, I. Llerena, C. Casacubierta, *Álgebra lineal y geometría.* Reverté, 2007.
- E. Hernández, *Álgebra y Geometría*, Addison Wesley/UAM, 1994.
- L. Merino, E. Santos, Álgebra Lineal, Editorial Paraninfo (2006).
- D. Poole, Álgebra Lineal: una introducción moderna, Thomson (2004).

ditionally, these open-access texts are recommended:
- Basic:
- https://www.cs.cornell.edu/courses/cs485/2006sp/LinAlg_Complete.pdf
- https://www.cliffsnotes.com/study-guides/algebra/linear-algebra
- https://www-labs.iro.umontreal.ca/~grabus/courses/ift6760_files/LANotes.lerner.pdf
- https://courses.physics.ucsd.edu/2009/Fall/physics130b/Essential_Linear_Algebra.pdf,
- https://cseweb.ucsd.edu/~gill/CILASite/
- Complementary: (In Spanish)
- http://jacobi.fis.ucm.es/marodriguez/notas_clase/algebra_AI_MAR.pdf

http://cms.dm.uba.ar/depto/public/Curso%20de%20grado/fascgrado2.pdf

Online Resources

Virtual Campus

Methodology

The following formative activities will be developed:

- Theory lessons where the main concepts of the subject will be explained, including examples and applications (3 hours per week on average)

- Practical classes of problems (2 hours per week on average)

Students will be provided with a collection of problems prior to their resolution in the class.

The teacher will receive in his office the students in the specified schedule of tutorials, in order to solve doubts, expand concepts, etc. It is highly recommended to attend these tutorials for a better use of the course.

Students will be provided with exams of previous calls.

It will be ensured that all the material of the subject is available to students through the Internet, in particular in the Virtual Campus.

Evaluation Criteria

Exams — Weight: 75%

Midterm Exam: Yes | Eliminatory: No | Midterm exam weight: 40%

Midterm exam:

- It will be about the content explained until that date and its structure will be similar to that of the final exam. $N_{Midterm}$ is the mark obtained on the midterm exam.
- The contents evaluated in the partial exam may be subject to evaluation in the final exam.

Final exam:

- It will consist mainly of a series of problems on the contents explained during the whole course and of similar difficulty to those proposed in the collection of problems.

Final mark for the Exams section, N_{Exam}:

$$N_{Exam} = \max \{ N_{Final} , 0.4\, N_{Midterm} + 0.6\, N_{Final} \}$$

Minimum final exam mark to pass the course: $N_{Exam} \geq 4$

According to the Faculty Board agreement, at least 60% of the content of the first-year midterm and final exams must be shared by all groups.

Other Activities — Weight: 25%

One or several of the following activities will be taken into account:

- Problems and exercises delivered throughout the course individually or in groups during class time or outside it.
- Participation in classes, seminars and tutorials.
- Oral or written presentation of works.
- Voluntary works.

This grade will be retained for the extraordinary exam session.

The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.

Final Mark

Final mark:

$$C_{Final} = \max \{ 0.75N_{Exam} + 0.25N_{OtherActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Minimum final exam mark for weighting: $N_{Final} \geq 4$.

The final mark criterion, as well as the mark corresponding to other activities, will be maintained in the exam of the extraordinary call.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Physics Laboratory I		Code	800497	Year	1st	Sem.	2nd
Module	Basic Core	Topic	Physics			Character	Obligatory

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	6	1	5
Semester hours	70	12	58

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- Carry out laboratory measurements following established protocols that involve calibration, data collection and mathematical treatment of data, including the estimation of systematic and random uncertainties, and the management of orders of magnitude and units.
- Learn to prepare reports related to the measurement processes and the analysis of results.
- Consolidate the understanding of the core areas of Physics through the observation, characterization and interpretation of phenomena and the realization of quantitative determinations in predesigned experiments.

Brief description of contents

General Physics Laboratory. Nature and extent of physical phenomena. Units, Data analysis. Uncertainty evaluation. Basic notions of Statistics.

Prerequisites

General physics at the Baccalaureate level.

It is recommended to have completed the subject *Computer Lab*.

Related Subjects

General physics II. Physics Laboratory II and III.

Coordinator	Daniel Sánchez Parcerisa		Dept.	EMFTEL
	Room	03.218.A	E-mail	dsparcerisa@ucm.es

Theory – Schedule and Teaching Staff				No. of Sessions	8
Group	Lecture Room	Day	Time	Professor (12 h)	Dept.
B	7	Fr (1)	13:00-14:30	Daniel Sánchez Parcerisa	EMFTEL

(1) There will be a total of 8 theory session along the year

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Daniel Sánchez Parcerisa	M: 10:00 - 13:00	dsparcerisa@ucm.es	03.258.0

Laboratory Teaching Staff			
Group	**Data Analysis Laboratory – Professor (6h)**	**Dpt.**	**e-mail**
LB	Daniel Sánchez Parcerisa Natalia Calvo Fernández	EMFTEL FTA	dsparcerisa@ucm.es nataliac@ucm.es
Group	**Laboratory - Professor**	**Dpt.**	**e-mail**
LB	Daniel Sánchez Parcerisa Natalia Calvo Fernández Pablo Zurita Gotor	EMFTEL FTA FTA	dsparcerisa@ucm.es nataliac@ucm.es pzurita@ucm.es

Data Analysis Laboratory- Schedule				No. of sessions:	6
Group	**Day**	**Hours**	**Dates**	**Location**	
LB	Fr	13:00 - 14:30	23/1, 6/2, 20/2, 8/5	Computer Rooms A2 and A3	
		13:30-15:00	24/4		

Laboratory Schedule					No. of sessions:	13
Group	**Day**	**Hours**	**Location**	**Remarks**		
LB	Th	15:00-18:30	General Physics Laboratory basement Physics Faculty	Students should deliver a written report of the practices in approximately 50% of the assignments. In the rest of them, it will suffice to fill a form with the results and uncertainties during the Lab session. Part of each session will be devoted to small group discussions of the results obtained and reports delivered in the previous session. If needed sessions will be organized to make for missed ones.		

Syllabus

It comprises a total of 8 sessions of 1.5 hours, grouped into five topics:

- **Data treatment.** Linear regression. Weighted mean. Linear interpolation. Preparation of reports.
- **Descriptive statistics:** Discrete and continuous data. Frequency. Accumulated frequency. Histograms
- **Random variable.** Concept. Probability density. Mean and variance.
- **Probability distributions**. Discrete and continuous distributions. Uniform distribution, Normal distribution, Student's t. Estimation of parameters.

Laboratory experiments (Indicative)	Sessions
Introduction. Data analysis. Units. Types of measures. Error and uncertainty.	1
Mechanics: Pendulum. Torsion pendulum. Surface tension. Hooke's law	3
Thermodynamics. Mechanical equivalent of heat. Enthalpy of melting ice	5
Electricity and magnetism. Wheatstone bridge. Characteristic curve of a lamp. Oscilloscope operation. Alternating current: RC circuit. Measurement of magnetic fields.	2
Optics. Determination of refractive indexes. Power of lenses.	1
Structure of matter. Measurement of the charge / mass ratio of the electron.	1
Data analysis. Linear regression. Histograms. Graphics Data analysis module, Quizzes. (Computer classroom). Six sessions of 1.5 hours.	6

Bibliography

Basic

Class notes, available on the web.
Experimental Methods. An introduction to the analysis of Data. L. Kirkup. J. Wiley & Sons. 1994.
Probability & Statistics for Engineers and Scientists. R. Walpole et al. Prentice Hall

Complementary

Practical Physics. G.L. Squires. Ed. Cambridge University Press, 2001.
Curso y ejercicios de estadística, Quesada, Isidoro & López. Ed. Alhambra. 1989.
Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias, J. Gorgas, et al. (available online).

Online Resources

The subject is registered in the Virtual Campus.
There is also a website at http://fisicas.ucm.es/lab-fis-gen
Extra links are available on the web site and virtual campus.

https://www.phyphox.org	Physics experiments with mobile phones
https://www.ucm.es/theoscarlab	Videos and tutorials of Physics experiments

Methodology

The subject consists of theory classes, laboratory, and data analysis sessions.

The theory classes will consist of expositions of the instructor, with projection of slides and realization of exercises.

Guided experiences will be carried out, with a prior script, during laboratory sessions (3.5 hours each) or catch-up sessions. Throughout each lab practice, students will have a tutor who will introduce it and answer their questions. During the experiment, a form will be filled with the measurements and calculations made. Additionally, in approximately half of the cases, a written report will be delivered in the following session. The forms and reports will be corrected and evaluated by the teachers and discussed with the students during the laboratory sessions.

The "data analysis" sessions aim at students being able to use this tool in their calculations and reports. They will be held in the Computer Room and consist of 4 sessions of 1.5 hours each.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	40%

Midterm exam: no

Final mark for the Exams section: $N_{Exam} = N_{Final}$

where N_{Final} is the mark obtained in the final exam.

Theoretical-practical exam at the end of the semester.

According to the faculty board's agreement, at least 60% of the first-year midterm and final exams must be shared by all groups.

Other activities	**Weight:**	60%

Laboratory and data analysis experiments. Online quizzes.

For each laboratory experiment, a report of the measures taken will be delivered. In approximately 50% of the cases, it will be a complete report, including a description of the method used, estimation of the associated uncertainties, and a discussion of the results obtained. In the rest of the cases, only the measurements and results will be presented.

The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.

Final Mark

Final mark:

$$C_{Final} = 0.4N_{Exam} + 0.6N_{OtherActiv}$$

Minimum mark on the final exam for weighting: $N_{Final} \geq 4$

Minimum final mark on the other activities for weighting: $N_{OtherActiv} \geq 4$

To pass this subject, it will be mandatory to assist to all the lab sessions and deliver the reports and filled forms.

If needed, the marks of both activities will be kept for the extraordinary call, which will also offer the possibility of being evaluated of the exercises not performed during the course.

4. Fichas de las asignaturas de segundo curso

Grado en Física (curso 2025-26)

Mecánica Clásica	Código	800498	Curso	2º	Sem.	1º
Módulo	Formación General	Materia	Física Clásica	Tipo	obligatorio	

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	7.5	4.5	3
Horas presenciales	69	39	30

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Saber escribir el lagrangiano y el hamiltoniano de un sistema en diferentes tipos de coordenadas generalizadas y saber obtener las ecuaciones del movimiento a partir de ellos.
- Saber utilizar las leyes de conservación en el estudio del movimiento de un sistema mecánico.
- Saber analizar los distintos tipos de órbitas de una partícula en un campo newtoniano.
- Conocer la cinemática y dinámica del sólido rígido.
- Profundizar en el conocimiento de los fundamentos de la relatividad especial.

Breve descripción de contenidos

Fundamentos de la formulación newtoniana de la Mecánica. Sistemas de referencia no inerciales. Formulación de la Mecánica analítica. Movimiento en un campo central. Sólido rígido. Complementos sobre relatividad especial.

Conocimientos previos necesarios

Cálculo, álgebra lineal, álgebra y cálculo vectoriales, fundamentos de Física I

Asignaturas en cuyo desarrollo influye

En la mayor parte de las asignaturas del Grado, entre las que cabe destacar Fís. Estadística y Fís. Cuántica

Profesor/a coordinador/a	Luis Manuel González Romero	Dpto.	FT
	Despacho 02.320.0	e-mail	mgromero@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	L J V	9:00 – 10:30 10:30 – 12:00 9:00 – 11:00	Felipe José Llanes Estrada	Indistintamente	59	T/P	FT
				Juan José Gálvez Viruet	Indistintamente	10	P	FT
B (inglés)	10	Mo We Th	10:30 – 12:00 9:00 – 11:00 9:00 – 10:30	Fernando Ruiz Ruiz	Full term	69	T/E	FT
C	10	L X J	15:00 – 16:30* 15:00 – 16:30 15:00 – 17:00	Antonio López Maroto	Indistintamente	45	T/P	FT
				Diego Tessainer Bonet	Indistintamente	24		
D	9	L X V	17:30 – 19:00 16:30 – 18:30 17:00 – 18:30	Luis Manuel González Romero	Indistintamente	59	T/P	FT
				Pablo Navarro Moreno	Indistintamente	10	P	
E	11	M,X V	9:00 – 10:30 10:30 – 12:30	Andrey Malyshev	Todo el cuatrimestre	69	T/P	FM

(*) Tras dos clases en M de 18h a 19:30, el grupo C pasará a impartirse los L de 15h a 16:30 a partir de la 3ª semana

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Felipe José Llanes Estrada	1er. semestre L: 10:30-13:00 J: 9:00-10:30 V: 11:00-12:00 2º semestre M,J: 12:00-13:00 X,V:10:00-12:00	fllanes@fis.ucm.es	03.307.0
	Juan José Gálvez Viruet	L,X: 11:00-12:00	jualgave@ucm.es	03.322.0
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)			
C	Antonio López Maroto	M, J: 11:00-12:30 +3h online	maroto@fis.ucm.es	03.313.0
	Diego Tessainer Bonet	M: 11:00-12:00 X: 12:00-13:00	dtessain@ucm.es	03.326.0
D	Luis Manuel González Romero	Primer semestre: X,J: 11:30-13:00 M,J: 15:00-16:00 Segundo semestre: X: 9:30-15:30 (previa cita por email)	mgromero@fis.ucm.es	02.320.0
	Pablo Navarro Moreno	1er. semestre M: 15:00-17:00 2º semestre L: 15:00-17:00	Panava03@ucm.es	03.328.0
E	Andrey Malyshev	M: 10.30-13.30 J: 10.30-13.30 On line	amalyshe@fis.ucm.es	02.126.0

Programa de la asignatura

1. **Recapitulación de la formulación newtoniana**

   Sistemas inerciales y principio de relatividad galileano. Cinemática del punto. Leyes de Newton para una partícula y para un sistema de partículas. Constantes del movimiento.

2. **Sistemas de referencia no inerciales**

   Velocidad angular de un sistema de referencia respecto de otro. Ecuaciones del movimiento en un sistema de referencia no inercial. Dinámica de una partícula en la superficie terrestre. Péndulo de Foucault.

3. **Mecánica analítica**

   Ligaduras de un sistema mecánico. Coordenadas generalizadas y espacio de configuración. Ecuaciones de Lagrange. Principio variacional de Hamilton. Constantes del movimiento. Pequeñas oscilaciones. Introducción a la formulación hamiltoniana.

4. **El problema de los dos cuerpos. Fuerzas centrales**

   Reducción al problema equivalente de un cuerpo. Ecuaciones del movimiento. Constantes del movimiento. El problema de Kepler. Dispersión en un campo de fuerzas central.

5. **Sólido rígido**

   Cinemática del sólido rígido. Momento lineal, momento angular y energía cinética del sólido rígido. Ecuaciones del movimiento. Ecuaciones de Euler. Sólido con un punto fijo. Aplicaciones y ejemplos.

6. **Relatividad especial**

   Principios de la Relatividad Especial. Transformaciones de Lorentz y sus consecuencias físicas. Ley de composición de velocidades. La energía y el momento relativistas. Conservación del cuadrimomento. Equivalencia entre masa y energía. Partículas de masa nula. Dinámica relativista

Bibliografía

Básica:

- H. Goldstein, Mecánica Clásica (2ª edición), Reverté, 1987.
  (H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, Classical Mechanics, 3th Edition, Addison Wesley, 2002).
- A. González-López, Classical Mechanics, (1th edition), C&H/CRC press, 2025.
- J.B. Marion, Dinámica Clásica de Partículas y Sistemas , Reverté, 1975.
  (S.T. Thornton, J.B. Marion, Classical Dynamics of Particles and Systems, 5th edition, Brooks/Cole, 2004).
- A. Fernández Rañada, Dinámica Clásica (2ª ed.), Alianza, 1994.
- J.R. Taylor, Mecánica Clásica , Reverté, 2013.
  (J.R. Taylor, Classical Mechanics, University Science Books , 2005).
- C. Kittel, W.D. Knight, M.A. Ruderman: Mecánica (vol.1 Curso de Física de Berkeley), Reverté, 1968
- (McGraw-Hill, 1965)
- P. French, Relatividad Especial, Reverté, 1974.
- E.F. Taylor, J.A. Wheeler, Spacetime Physics, Freeman, 1992.

Complementaria:

- A. Fernández Rañada, Dinámica Clásica (2ª ed.), Alianza, 1994.
- F. Domínguez-Adame, Mecánica y Ondas. 100 problemas resueltos, Ediciones Complutense, Serie Docencia, 2017
- F.R. Gantmajer, *Mecánica Analítica*, URSS, 2003.
- L.D. Landau, E.M. Lifshitz, *Mecánica* (Curso de Física Teórica, vol. 1), Reverté, 1970.
- W. Rindler, *Introduction to Special Relativity.* Oxford, 1991.
- F.A. Scheck, *Mechanics: From Newton's Laws to Deterministic Chaos,* 4th edition, Springer, 2005.

Recursos en internet

Campus Virtual UCM

F. Llanes Estrada, Curso de Mecánica Clásica en la Complutense 2018 en YouTube

http://teorica.fis.ucm.es/ft11/EnlaceVideos.html

(http://teorica.fis.ucm.es/ft11/EnlaceVideos.html).

https://phys.libretexts.org/Bookshelves/Classical_Mechanics

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones en las que primero se explicarán los conceptos teóricos fundamentales y a continuación se ilustrarán dichos conceptos con ejemplos y aplicaciones
- Clases prácticas de resolución de ejercicios

Las lecciones de teoría y la resolución de ejercicios tendrán lugar en la pizarra, aunque podrán ser complementadas con proyecciones con ordenador. El profesor recibirá individualmente a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas o ampliar conceptos.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación obtenida en el examen final de la asignatura.		
Otras actividades	**Peso:**	30%
En este apartado se valorarán algunas de las siguientes actividades: ● Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual ● Pruebas escritas individuales realizadas durante las clases		

- Presentación de trabajos

Calificación final

La calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$CF = \max(E, 0.7\ E + 0.3\ A),$$

siendo E y A respectivamente las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores, ambas en la escala 0–10.

La calificación obtenida en el apartado **Otras actividades** en la convocatoria ordinaria será mantenida en la correspondiente convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Termodinámica		Código	800499	Curso	2º	Sem.	1º
Módulo	Formación General	Materia	Física Clásica	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	7.5	4.5	3
Horas presenciales	69	39	30

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer los Principios de la Termodinámica y sus consecuencias.
- Conocer el Primer Principio como principio general de conservación de la energía, con una función de estado, la energía interna.
- Conocer cómo la entropía y sus propiedades dan cuenta del comportamiento termodinámico de los sistemas.
- Conocer los potenciales termodinámicos como información completa de un sistema termodinámico.
- Comprender la relación directa entre el formalismo termodinámico y los experimentos.

Breve descripción de contenidos

Principio cero, concepto de temperatura; primer principio: energía interna y calor; segundo principio: entropía; potenciales termodinámicos, equilibrio y estabilidad; sistemas abiertos, transiciones de fase, puntos críticos. Tercer principio.

Conocimientos previos necesarios

Cálculo. Fundamentos de Física.

Profesor coordinador	Juan Pedro García Villaluenga		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	01.117.0	e-mail	jpgarcia@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	L,M X	10:30 – 12:00 10:00 – 12:00	Juan Pedro García Villaluenga	Todo el cuatrimestre	69	T/P	EMFTEL
B (inglés)	10	Mo,Tu Fr	9:00 – 10:30 9:00 – 11:00	Mohamed Khayet Souhaimi	Full term	69	T/E	EMFTEL
C	10	L M J	16:30 – 18:30 16:30 – 18:00 17:00 – 18:30	Luis Ignacio Dinis Vizcaíno	Todo el cuatrimestre	54	T/P	EMFTEL
				Armando Relaño Pérez		15	P	
D	9	L,M V	16:00 – 17:30 15:00 -17:00	Amparo Izquierdo Gil	Todo el cuatrimestre	69	T/P	EMFTEL
E	11	L M,X	9:00 – 11:00 10:30 – 12:00	Vicenta María Barragán García	Todo el cuatrimestre	54	T/P	EMFTEL
				Loreto García Fernández		15	P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Juan Pedro García Villaluenga	V: 9:00-12:00 +3h online	jpgarcia@ucm.es	01.117.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Luis Dinís Vizcaíno	L: 14:30-15:30 J: 11:00-12:00 V: 10:30-11:30 +3 h online	ldinis@ucm.es	03.215.0
	Armando Relaño Pérez	L y X: 11:00-13:00 +2h online o previa cita por correo electrónico	armando.relano@fis.ucm.es	01.110.0
D	Amparo Izquierdo Gil	1er. semestre M y V: 11:30-13:00 +3h online 2º semestre M y J: 11:30-13:00 +3h online	amparo@ucm.es	01.109.0
E	Vicenta María Barragán García	1er. semestre Presenciales: L: 11:30-13:00 M: 12:30-14:00 +3h online de L-J Presenciales: 2º semestre X: 9:00-12:00 +3h online de L-J	vmabarra@ucm.es	01.113.0
	Loreto García Fernández	1er. semestre: M y X: 12:30-14:00 +3h online 2º semestre: L:12:30-14:00 J:10:00-11:30 +3h online	loreto.garcia@ucm.es	01.108.0

Programa teórico de la asignatura

1. **Introducción y conceptos fundamentales.**
   Descripciones microscópica y macroscópica. Sistemas termodinámicos. Variables termodinámicas. Equilibrio. Cambios de estado y procesos.
2. **Principio Cero y temperatura.**
   Equilibrio térmico. Principio Cero de la Termodinámica. Temperatura empírica. Escalas de temperatura.
3. **Descripción fenomenológica de los sistemas termodinámicos más usuales.**
   Equilibrio termodinámico. Sistemas hidrostáticos. Descripción de otros sistemas simples.
4. **Trabajo en Termodinámica.**
   Trabajo en un sistema hidrostático y en otros sistemas simples. Expresión general del trabajo.
5. **Primer Principio de la Termodinámica.**
   Trabajo adiabático. Energía interna. Primer Principio de la Termodinámica. Concepto de calor. Capacidades caloríficas. Aplicaciones sencillas del Primer Principio.
6. **Segundo Principio de la Termodinámica.**
   Enunciados clásicos del Segundo Principio de la Termodinámica. Entropía. Entropía e irreversibilidad. Principio de aumento de entropía.

7. **Formalismo termodinámico para sistemas cerrados.**
   Ecuación fundamental de la Termodinámica. Representaciones entrópica y energética. Equilibrio y estabilidad en un sistema homogéneo cerrado.
8. **Representaciones alternativas.**
   Potenciales termodinámicos. Ecuaciones de Gibbs-Helmholtz. Relaciones de Maxwell. Equilibrio y estabilidad en las representaciones alternativas.
9. **Ecuaciones prácticas de la Termodinámica**.
   Ecuaciones prácticas para la entropía, para la energía interna y para los potenciales termodinámicos.
10. **Sistemas de masa y composición variable.**
    Formulación del Segundo Principio para sistemas abiertos. Potencial químico. Ecuación fundamental y potenciales termodinámicos. Condiciones de equilibrio. Regla de las fases.
11. **Transiciones de fase.**
    Clasificación de las transiciones de fase. Transiciones de fase de primer orden. Ecuación de Clapeyron. Transiciones de fase continuas. Puntos críticos.
12. **Tercer Principio de la Termodinámica**
    Enunciados y consecuencias del Tercer Principio de la Termodinámica.

Bibliografía básica

Básica

- C.J. Adkins, *Termodinámica del equilibrio* (Reverté)
- J. Aguilar Peris, *Curso de Termodinámica* (Alhambra Universidad)
- C. Fernández Pineda, S. Velasco Maíllo, *Termodinámica* (Editorial Universitaria Ramón Areces)
- J. P. García Villaluenga, *Termodinámica: Sistemas en equilibrio* (Editorial Académica Española)
- D. Kondepudi, I. Prigogine, *Modern Thermodynamics* (Wiley)
- M.W. Zemansky y R.H. Dittman, *Calor y Termodinámica* (McGraw-Hill)

Complementaria

- J. Biel Gayé, *Curso sobre el formalismo y los métodos de la termodinámica*, Vol. 1 y 2 (Reverté)
- H. B. Callen, *Termodinámica* (Editorial AC)
- C. Fernández Pineda y S. Velasco Maíllo, *Introducción a la Termodinámica* (Editorial Síntesis), *Problemas de Termodinámica* (Editorial Universitaria Ramón Areces)
- W. Greiner, L. Neise y H. Stöcker. *Thermodynamics and Statistical Physics* (Springer Verlag)
- M. Kardar. *Statistical Physics of Particles* (Cambridge University Press)
- I.R. Levine, *Fisicoquímica*, Vol.1 (McGraw-Hill)
- A. Münster, *Classical Thermodynamics* (Wiley-Interscience)
- J. Pellicer, J. A. Manzanares. *100 problemas de Termodinámica* (Alianza Editorial)
- F. Tejerina García, *Termodinámica,* Vol. 1 y 2 (Paraninfo)

Recursos en Internet

http://phet.colorado.edu/es/simulations/category/physics/heat-and-thermodynamics
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/estadistica.htm
http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html
http://entropysite.oxy.edu/

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

* Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia.

* Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.

Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en clases.

El profesor recibirá a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas o ampliar conceptos.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso**	70%
Se realizará un examen final práctico, consistente en la resolución de problemas y ejercicios, en el que se podrán consultar las notas de clase y libros de teoría, de libre elección por parte del alumno		
Otras actividades	**Peso**	30%
Las actividades de evaluación continua consistirán en problemas y/o ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual y/o grupo y/o pequeñas pruebas individuales realizadas durante el curso.		

Calificación final

La calificación final (F) será la mejor de las dos siguientes:

$F = 0.3\ A + 0.7\ E$ $F = E$

donde A es la calificación correspondiente a “Otras actividades” y E es la calificación obtenida en el examen final (ambas sobre 10)

para aprobar la asignatura, aplicando la primera ecuación, se requerirá obtener un mínimo de 4 sobre 10 en la calificación correspondiente al examen final.

El criterio de calificación final se mantendrá en la convocatoria extraordinaria, así como la calificación correspondiente a otras actividades.

Grado en Física (curso 2025-26)

Electromagnetismo I		Código	800501	Curso	2º	Sem.	1º
Módulo	Formación General	Materia	Física Clásica	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	6	3.6	2.4
Horas presenciales	55	31	24

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Dominar la descripción básica de la creación de campos electromagnéticos por cargas y corrientes, y de la acción de los campos sobre las cargas.
- Comprender y saber utilizar las ecuaciones de Maxwell en su forma diferencial e integral.
- Conocer los conceptos de energía y momento del campo electromagnético.

Breve descripción de contenidos

Campos electrostático y magnetostático en el vacío y en medios materiales; campos variables con el tiempo; ecuaciones de Maxwell.

Conocimientos previos necesarios

Fundamentos de Física I y II. Matemáticas, Cálculo, Álgebra (cálculo diferencial e integral en una y varias variables, matrices y determinantes).

Asignaturas en cuyo desarrollo influye

Electromagnetismo II, Óptica, Electrodinámica clásica.

Profesora coordinadora	Carlos León Yebra		Dpto.	FM
	Despacho	02.109.0	e-mail	carlos.leon@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	M,J X	9:00 – 10:30 9:00 – 10:00	Sagrario Muñoz San Martín	Todo el cuatrimestre	55	T/P	EMFTEL
B (inglés)	10	Tu, Th We	10:30 – 12:00 11:00 – 12:00	María Varela del Arco	Full term	43	T/P	FM
				Jorge Estrada Álvarez		12	T/P	FM
C	10	M,V J	15:00 – 16:30 18:30 – 19:30	Gianluca Susi	Todo el cuatrimestre	30	T/P	EMFTEL
				Luis Ángel Tejedor Álvarez		25	T/P	EMFTEL
D	9	M X J	17:30 – 19:00 18:30 – 19:30 16:30 – 18:00	Carlos León Yebra	Todo el cuatrimestre	55	T/P	FM
E	11	L X V	12:30 – 14:00* 12:00 – 13:00 9:00 – 10:30	Jacobo Santmaría Sánchez-Barriga	Todo el cuatrimestre	27,5	T/P	FM
				Carlos León Yebra		27,5		

(*) Tras dos clases en L de 13:30 a 15:00, el grupo E pasará a su horario definitivo 12:30-14:00 a partir de la 3ª semana

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Sagrario Muñoz San Martín	1er. semestre M, X: 12:30-14:00 resto online 2º semestre M, X: 10:30-12:00 Resto online	smsm@ucm.es	03.112.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Gianluca Susi	1er semestre M, J: 12:00-13:30 Resto online 2º semestre L: 10:30-12:00 J: 11:30-13:00 Resto online	gsusi@ucm.es	03.105.0
	Luis Ángel Tejedor Álvarez	L: 9:30-11:00 V: 11:00-12:30	latejedo@ucm.es	03.219.B
D	Carlos León Yebra	L, M, X. 11.00-13.00	carlos.leon@ucm.es	02.109.0
E	Jacobo Santamaría Sánchez-Barriga	L, X, J. 18:00-20.00	jacsan@ucm.es	03.118.0
	Carlos León Yebra	L, M, X. 11.00-13.00	carlos.leon@ucm.es	02.109.0

Programa de la asignatura

Tema 1: Campos escalares y vectoriales. Sistemas de coordenadas. Gradiente de un campo escalar. Circulación y flujo de un campo vectorial. Divergencia. Teorema de Gauss. Rotacional. Teorema de Stokes. Laplaciano. Teorema de Helmholtz. La 'función' delta de Dirac.

Tema 2: El campo electrostático en el vacío. Ley de Coulomb. Campo y potencial eléctrico. Formulación diferencial e integral de las ecuaciones del campo electrostático. Ley de Gauss. Medios conductores y dieléctricos. Desarrollo multipolar del potencial creado por una distribución de carga. Dipolo eléctrico.

Tema 3: El campo electrostático en medios dieléctricos. Polarización eléctrica, P. Cargas de polarización. El vector desplazamiento eléctrico, D. Relaciones constitutivas. Susceptibilidad y permitividad eléctrica. Condiciones en la frontera entre dos dieléctricos de los vectores E y D. Energía electrostática. Fuerzas eléctricas a partir de la energía.

Tema 4: El campo magnetostático en el vacío. Corriente eléctrica en conductores. Densidad de corriente y ecuación de continuidad. Ley de Ohm y fuerza electromotriz. Ley de Ampère. Vector inducción magnética B. Ley de Biot–Savart. Formulación diferencial e integral de la ecuaciones del campo magnetostático. Potencial magnético vector A. Momento magnético. Potencial magnético escalar.

Tema 5: El campo magnetostático en medios materiales. El vector imanación, **M**. Campo creado por un material imanado. Corrientes de imanación y polos magnéticos. Generalización de la ley de Ampère: el vector **H**. Relaciones constitutivas. Susceptibilidad magnética. Condiciones de contorno de los vectores **B** y **H**.

Tema 6: Campos electromagnéticos. Ecuaciones de Maxwell. Ley de Faraday–Lenz. Autoinducción e inducción mutua. Energía magnetostática. Fuerzas magnéticas Corriente de desplazamiento. Ecuaciones de Maxwell. Energía electromagnética. Vector de Poynting. Teorema de Poynting. Momento electromagnético.

Bibliografía

Básica

- Reitz, J. R.; Milford, F. J. y Christy, R. W.: *Fundamentos de la Teoría Electromagnética*. 4ª Ed. Addison-Wesley (1996).
- Sánchez Quesada, F., Sánchez Soto, L. L., Sancho Ruiz, M., y Santamaría, J.: *Fundamentos de Electromagnetismo*. Síntesis, Madrid (2000).
- Wangsness, R. K.: *Campos Electromagnéticos*. Limusa, México (1979).

Complementaria

- Purcell, E.M.: *Electromagnetismo (2ª edición)*. Ed. Reverté, Barcelona (1988).

- Griffiths, D.J.: *Introduction to Electrodynamics* (3rd. Edition). Prentice Hall International (1999).
- Fleisch, D.: *A student's guide to Maxwell's equations*. Cambridge University Press, Nueva York (2008).
- Feynman, R.P., Leighton, R.B., y Sands, M.: *Lecturas de Física, Vol. II. Electromagnetismo y Materia*. Addison-Wesley Iberoamericana (1987).
- Lorrain, P y Courson, D. R.: *Campos y Ondas electromagnéticos*. Selecciones Científicas, Madrid (1994).
- Pramanik, A.: *Electromagnetism. Problems with Solutions*. PHI Learning Private, Ltd. Nueva Delhi, 2012.
- López, E. y Núñez, F.: *100 problemas de Electromagnetismo*. Alianza Editorial, Madrid (1997).
- López Rodríguez, V.: *Problemas resueltos de Electromagnetismo*. Fundación Areces, Madrid (2003).
- Fernandez, A.G.: *Problemas de campos electromagnéticos*. McGraw-Hill (Serie Schaum), Madrid (2005).
- Edminister, J.A.: *Electromagnetismo*. McGraw-Hill (Serie Schaum), México (1992).
- Marcelo Alonso y Edward J. Finn. Volumen II Campos y Ondas. Pearson Educación, 1998.

Recursos en Internet

En Campus Virtual de la UCM.

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones.
- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.

En las lecciones de teoría se usarán la pizarra y proyecciones con ordenador. Ocasionalmente, estas lecciones se verán complementadas por experiencias de cátedra en el aula, o con simulaciones por ordenador y prácticas virtuales, realizadas asimismo en el aula. Serán experiencias sencillas que ilustren en algunos casos el tema en estudio.

Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en la clase. Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que entregar periódicamente problemas resueltos y/o trabajos específicos.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	80%

Se realizará un examen final que constará de una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).

Para la realización de la parte de problemas se podrá consultar un libro de teoría, de libre elección por parte del alumno.

Otras actividades	**Peso:**	20%

Controles realizados en clase, así como problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual.

Calificación final

La calificación final (tanto en la convocatoria de febrero como en la extraordinaria de julio) será la mejor de las siguientes:

$$C_{Final} = 0.2N_{OtrasAct.} + 0.8N_{Examen} \qquad C_{Final} = N_{Examen}$$

Donde $N_{OtrasAct.}$ es la calificación (sobre 10) correspondiente a otras actividades.

Grado en Física (curso 2025-26)

Métodos Matemáticos I		Código	800504	Curso	2º	Sem.	1º
Módulo	Formación General	Materia	Métodos Matemáticos de la Física	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	6	3.5	2.5
Horas presenciales	55	30	25

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Analizar y en su caso resolver ecuaciones diferenciales ordinarias y sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias lineales.
- Entender el concepto de función analítica de una variable compleja y conocer sus propiedades fundamentales. Aprender a utilizar el teorema de los residuos para el cálculo de integrales.

Breve descripción de contenidos

Ecuaciones diferenciales ordinarias, sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias, funciones de variable compleja.

Conocimientos previos necesarios

Cálculo de funciones de una y varias variables reales, álgebra lineal.

Profesor/a coordinador/a	Luis Javier Garay Elizondo	Dpto.	FT
	Despacho: 02.315.0	e-mail:	luisj.garay@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	X J V	12:00 – 13:00 12:00 – 13:30 11:00 – 12:30	Juan José Sanz Cillero	Indistintamente	27,5	T/P	FT
				Manuel Mañas Baena	Indistintamente	27,5	T/P	
B (inglés)	10	Tu We F	12:00 – 13:00 12:00 – 13:30 11:00 – 12:30	Federico Finkel Morgenstern	Full term	55	T/E	FT
C	10	X,V	16:30 – 18:30	Francisco Navarro Lérida	Todo el cuatrimestre	55	T/P	FT
D	9	M X,J	15:00 – 16:00 15:00 – 16:30	Luis Javier Garay Elizondo	Indistintamente	43	T/P	FT
				Álvaro Álvarez Domínguez	Indistintamente	12	P	FT
E	11	L* M X	11:00 – 12:30* 12:00 – 13:30 13:00 – 14:00	Francisco Navarro Lérida	Indistintamente	55	T/P	FT

(*) Tras 2 clases el L de 12:00 a 13:30, el grupo E pasará a su horario definitivo 11:00-12:30 a partir de la 3ª semana.

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Juan José Sanz Cillero	M, J: 14:00-16:00 X: 11:00-13:00	jusanz02@ucm.es	02.327.0
	Manuel Mañas Baena	L, M, X 16:30-18:30	manuel.manas@fis.ucm.es	02.318.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Francisco Navarro Lérida	Primer semestre: L, M: 15:30-17:30 V: 11:00-13:00 Segundo semestre: L: 12:30-14:00 15:30-17:30 X: 12:00-14:30	fnavarro@fis.ucm.es	03.306.B
D	Luis Javier Garay Elizondo	1er. semestre M, J: 10:30-13:30 2º semestre X: 9:30-15:30	luisj.garay@ucm.es	02.315.0
	Álvaro Álvarez Domínguez	M, J: 14:00-15:00	alvalv04@ucm.es	02.329.0
E	Francisco Navarro Lérida	Primer semestre: L, M: 15:30-17:30 V: 11:00-13:00 Segundo semestre: L: 12:30-14:00 15:30-17:30 X: 12:00-14:30	fnavarro@fis.ucm.es	03.306.B

Programa de la asignatura

ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS

1. **Introducción a las ecuaciones diferenciales ordinarias.** Ecuaciones y sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias. Soluciones. Métodos elementales de integración para ecuaciones de primer orden. Existencia y unicidad de soluciones.
2. **Ecuaciones lineales**. Ecuaciones lineales de segundo orden. Ecuaciones homogéneas. Ecuaciones no homogéneas. Fórmula de variación de constantes. Ecuaciones con coeficientes constantes. Ecuaciones lineales de orden superior.
3. **Sistemas lineales.** Sistemas homogéneos. Sistemas no homogéneos. Fórmula de variación de constantes. Sistemas lineales con coeficientes constantes. Exponencial de una matriz.

VARIABLE COMPLEJA

1. **Funciones analíticas.** Definición y propiedades algebraicas de los números complejos. Funciones elementales. Derivabilidad. Ecuaciones de Cauchy–Riemann.
2. **El teorema de Cauchy.** Integración sobre arcos. Teorema de Cauchy. Fórmula integral de Cauchy y sus consecuencias.
3. **Representación de funciones analíticas mediante series.** Series de potencias. Teorema de Taylor. Series de Laurent. Teorema de Laurent. Clasificación de singularidades aisladas.
4. **Cálculo de residuos.** Teorema de los residuos. Métodos para el cálculo de residuos. Cálculo de integrales definidas.

Bibliografía

- Boyce, W.E., DiPrima, R.C., *Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera*, Limusa-Wiley, 2012.
- Marsden, J.E. y Hoffman, M.J., *Basic Complex Analysis* (3rd ed.), Freeman, San Francisco, 1999.
- Simmons, G.F., *Ecuaciones diferenciales. Con aplicaciones y notas históricas*, McGraw–Hill, 1993.

- Spiegel, M.R., *Variable Compleja*, McGraw–Hill, Madrid, 1996.

Recursos en internet
Se depositará diverso material en el Campus Virtual y/o páginas web de la asignatura.

Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: • Lecciones de teoría, en las que se explicarán los conceptos fundamentales de la asignatura, ilustrándose con ejemplos y aplicaciones (aprox. 2,5 horas por semana). • Clases prácticas de resolución de problemas y actividades dirigidas (aprox. 1,5 horas por semana). Las lecciones de teoría y la resolución de problemas tendrán lugar fundamentalmente en la pizarra, aunque podrán ser complementadas con proyecciones con ordenador. El profesor recibirá individualmente a los alumnos en el horario especificado de tutorías con objeto de resolver dudas o ampliar conceptos. Se pondrá a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual y/o páginas web de la asignatura una colección de problemas con antelación a su resolución en clase y otros materiales docentes.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación obtenida en el examen final de la asignatura.		
Otras actividades	**Peso:**	30%
Problemas y ejercicios, que podrán ser resueltos en clase o evaluados mediante pruebas escritas.		

Calificación final
Si la nota del examen final es mayor que 4.0, la calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la fórmula $$CF = \max(E, 0.7\,E + 0.3\,A),$$ siendo E y A las notas del examen final y de otras actividades, respectivamente, ambas en la escala 0–10. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Óptica		Código	800500	Curso	2º	Sem.	2º
Módulo	Formación General	Materia	Física Clásica	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	7.5	4.5	3
Horas presenciales	69	39	30

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

1. Conocer las distintas representaciones de la luz polarizada.
2. Comprender la propagación de la luz en medios homogéneos.
3. Entender el concepto de coherencia.
4. Conocer los procesos de interferencia y difracción y el fundamento de los distintos tipos de interferómetros y de las redes de difracción.

Breve descripción de contenidos

Polarización y ondas electromagnéticas en el vacío; propagación de la luz en medios homogéneos; concepto de coherencia; interferencias, interferómetros; teoría escalar de la difracción, poder de resolución, redes de difracción.

Conocimientos previos necesarios

Se recomienda haber cursado las asignaturas de Álgebra, Cálculo y Fundamentos de Física.

Profesor/a coordinador/a	Gemma Piquero Sanz		Dpto.	OP
	Despacho	01.312.0	e-mail	piquero@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	L,M J	9:00 – 10:30 9:00 – 11:00	Gemma Piquero Sanz	Todo el cuatrimestre	69	T/P	OP
B (inglés)	19	Mo,Tu Fr	10:30 – 12:00 10:00 – 12:00	Luis Lorenzo Sánchez Soto	Full term	69	T/E	OP
C	11	L M, J	15:00 – 17:00 15:00 – 16:30	Laura Martínez Maestro	Todo el cuatrimestre	69	T/P	OP
D	9	M X V	17:30 – 19:00 14:30 – 16:00 14:30 – 16:30	José A. Rodrigo Martín-Romo	Todo el cuatrimestre	69	T/P	OP
E	11	M X,V	12:00 – 14:00 12:00 – 13:30	Alfredo Luis Aina	Todo el cuatrimestre	69	T/P	OP

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Gemma Piquero Sanz	1er. semestre: J: 14:30-18:30 J y V:8:30-9:30 2º semestre L y M:11:00-14:00	piquero@fis.ucm.es	01.312.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Laura Martínez Maestro	M, X, J: 10:00-12:00 presencial	lauram40@ucm.es	01.332.0
D	José A. Rodrigo Martín-Romo	L,M,J : 17:30 a 19:00	jarmar@fis.ucm.es	01.314.0
E	Alfredo Luis Aina	Primer semestre Presenciales: L 13:30- 16:30. No presenciales bajo demanda Segundo semestre Presenciales: X, V 13:30-15:00. No presenciales bajo demanda	alluis@fis.ucm.es	01.220.0

Programa de la asignatura

1. **Ondas electromagnéticas en el vacío:** Soluciones generales de las ecuaciones de Maxwell en el vacío. Ondas armónicas planas y esféricas. Vector de Poynting, irradiancia y promedio temporal. Representación compleja y estado de polarización de la luz. Polarizadores y ley de Malus. Representación de Jones.
2. **Teoría clásica microscópica de la interacción luz-materia.** Modelo del átomo de Lorentz. Esparcimiento de la luz y polarización.
3. **Propagación de luz en la materia.** Medios materiales ópticamente diluidos y densos. Soluciones de las ecuaciones macroscópicas de Maxwell en la materia. Relaciones de constitución del medio material. Clasificación óptica de los medios materiales. Medios absorbentes y transparentes.
4. **Propagación de la luz en medios materiales homogéneos e isótropos.** Modelo microscópico del índice de refracción para medio dieléctrico y conductor. Concepto de índice de refracción complejo y vector de ondas complejo. Absorción y vector de atenuación. Relaciones de dispersión.
5. **Reflexión y refracción de la luz en interfases entre medios.** Condiciones de frontera. Fórmulas de Fresnel. Reflectancia y transmitancia. Polarización y ángulo de Brewster. Reflexión total interna. Ondas evanescentes.
6. **Interferencias e introducción a la teoría de la coherencia de la luz.** Superposición de ondas. Pulsos de luz. Longitud de coherencia temporal y tiempo de coherencia. Interferómetros de Young, de Michelson y Fabry-Pérot. Visibilidad del patrón de interferencia y poder resolutivo de un interferómetro.
7. **Teoría escalar de la difracción de la luz.** Principio de Huygens-Fresnel. Aproximaciones de Fresnel y Fraunhofer. Difracción generados por objetos de diferente geometría. Principio de Babinet. Poder resolutivo de los instrumentos ópticos. Redes de difracción y poder resolutivo espectral. Introducción al filtrado de frecuencias espaciales.

Bibliografía

Básica

J. M. Cabrera, F. J. López y F. Agulló. Óptica Electromagnética, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington

(1993)
G. R. Fowles. Introduction to Modern Optics, Dover, New York (1989)
R. Guenther. Modern Optics, John Wiley & Sons, New York (1990)
E. Hecht. Óptica, Addison-Wesley Iberoamericana, Madrid (2000)
F. Pedrotti. Introduction to Optics, Prentice-Hall,London (1993)
Problemas
F. Carreño y M. A. Antón, Óptica Física. Problemas y ejercicios resueltos, Prentice Hall (2001)
P.M. Mejías y R. Martínez-Herrero.100 Problemas de Óptica. Alianza editorial (1996)
D. V. Sivujin, Problemas de Física General. Óptica, Reverté (1984)
Complementaria
S. A. Akhmanov, S.Yu.Nikitin, Physical Optics Clarendon Press, (1997)
M. Born y E. Wolf. Principles of Optics, Cambridge University Press (1999)
K. K. Sharma, Optics, principles and applications, Academic Pres (2006)
A. Ghatak, Optics, McGraw-Hill (2005)

Recursos en internet

-El material docente (apuntes, presentaciones, vídeos, enlaces, etc.) empleado en las clases de teoría y prácticas estará disponible en el Campus Virtual.

- Las tutorías se podrán desarrollar mediante videoconferencia, a través de Campus Virtual de la asignatura, por correo electrónico o mediante cualquier otro procedimiento, previa comunicación al profesor o profesora.

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Clases de teoría, donde se presentarán y comentarán los contenidos, ilustrados con ejemplos y aplicaciones.
- Clases prácticas, en las que se resolverán problemas y se podrán realizar también experiencias de cátedra, seminarios, discusiones dirigidas, exposiciones de trabajos, etc.
- Tutorías, en las que se discutirán y resolverán dudas de forma personalizada o en pequeños grupos.

En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador o transparencias, simulaciones por ordenador, etc.

Se utilizará el Campus Virtual como apoyo para la comunicación con los alumnos y el intercambio de información.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	55%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Se realizará un examen final escrito sobre toda la materia del curso con dos partes independientes:

- primera parte de test o preguntas cortas (calificación N_{ExamF1}, entre 0 y 10)
- segunda parte de resolución de problemas (Calificación N_{ExamF2}, entre 0 y 10)

Otras actividades	**Peso:**	45%

A lo largo del curso, se realizarán:

- 1 ó 2 pruebas escritas en horario de clase, de tipo test o preguntas cortas (Calificación $N_{OtrasActiv_PP}$ = Media de las pruebas parciales, entre 0 y 10)

- otras actividades complementarias, fuera o dentro del aula, tales como entrega de problemas y ejercicios propuestos por el profesor durante el curso, actividades en el campus virtual, etc. (Calificación $N_{OtrasActiv_Compl}$, entre 0 y 10)

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.55\ N_{ExamF2} + \max\{0.45\ N_{ExamF1},\ 0.35\ N_{OtrasActiv_PP} + 0.1\ N_{OtrasActiv_Compl}\}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: No

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Si $N_{OtrasActiv_PP} \geq 5$ no es obligatorio hacer el examen final de test o preguntas cortas F1, aunque puede hacerlo si lo desea para mejorar su nota.

Las calificaciones $N_{OtrasActiv_PP}$ y $N_{OtrasActiv_Compl}$ para la convocatoria extraordinaria de julio serán las mismas obtenidas en la convocatoria de junio.

Grado en Física (curso 2025-26)

Electromagnetismo II		Código	800502	Curso	2º	Sem.	2º
Módulo	Formación General	Materia	Física Clásica	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	6	3.6	2.4
Horas presenciales	55	31	24

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Adquirir unos conocimientos básicos de los mecanismos de emisión de radiación electromagnética.
- Conocer los conceptos de energía y momento del campo electromagnético.
- Asimilar la estrecha relación entre el electromagnetismo y la teoría de la relatividad.

Breve descripción de contenidos

Potenciales electromagnéticos, ondas electromagnéticas; sistemas radiantes; formulación relativista.

Conocimientos previos necesarios

Fundamentos de Física I, Fundamentos de Física II, Electromagnetismo I, Matemáticas, Cálculo, Álgebra.

Asignaturas en cuyo desarrollo influye

Electrodinámica clásica, Óptica.

Profesor coordinador	José Miguel Miranda Pantoja		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.102.0	e-mail	miranda@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	L,X	12:00 – 14:00	Gianluca Susi	Primera parte (Temas 1-4)	35	T /P	EMFTEL
				José Miguel Miranda Pantoja	Segunda parte (Temas 5-6)	20	T/P	EMFTEL
B (inglés)	19	Tu,Th	12:00 – 14:00	Norbert Nemes	Full term	55	T/E	FM
C	11	M, J	16:30 - 18:30	Pilar Marín Palacios	Todo el cuatrimestre	55	T/P	FM

D	9	L X	15:00 – 17:00 16:00 – 18:00	Pedro Antoranz Canales	Todo el cuatrimestre	55	T/P	EMFTEL
E	11	L,X M	9:00 – 10:30 9:00 – 10:00	Flavio Yair Bruno	Todo el cuatrimestre	55	T/P	FM

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Gianluca Susi	1er cuatr: M, J: 12:00-13:30 resto online 2º cuatr: L: 10:30-12:00 J: 11:30-13:00 Resto online	gsusi@ucm.es	03.105.0
	José Miguel Miranda Pantoja	L: 15:30-18:30 (Presencial) X: 15:30-18:30 (online)	miranda@ucm.es	03.102.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Pilar Marín Palacios	M, J. 15:30-17:00 L, X. 16:00-17:30 On line	mpmarin@fis.ucm.es	02.103.0
D	Pedro Antoranz Canales	1er. sem: M: 15:30-17:00 V: 10:00-11:30 2º sem: M: 12:30 - 14:00 J: 12:30 - 14:00	antoranz@ucm.es	03.106.0
E	Flavio Yair Bruno	M. 12:30-13:30 y 15:30-17:30 J. 14:30 - 17:30 On line	fybruno@ucm.es	02.243.0

Resto hasta 6 horas a través del campus virtual, correo electrónico, ...

Programa de la asignatura

Tema 1. Fundamentos.

Representación fasorial. Formulación diferencial, integral y fasorial de las ecuaciones de Maxwell. Relaciones constitutivas. Condiciones de contorno. Potenciales electromagnéticos. Ecuaciones de onda. Aproximación cuasi-estática.

Tema 2. Problemas de contorno: Campos estáticos.

El problema de contorno en electrostática. Unicidad de la solución. Teorema de reciprocidad. Método de imágenes. Método de separación de variables

Tema 3. Ondas planas monocromáticas.

Campos armónicos. Ondas planas uniformes monocromáticas. Propagación en dieléctricos y conductores. Reflexión en una superficie conductora. Energía y momento de una onda electromagnética. Presión de radiación.

Tema 4. Ondas guiadas.

Introducción. Líneas de transmisión. Modos TEM. Modos TE y TM. Guía de ondas rectangular. Cavidades resonantes.

Tema 5. Radiación.

Potenciales retardados. Potenciales de Liénard-Wiechert. Campos de velocidad y aceleración. Cargas aceleradas en el espacio libre: ecuaciones de movimiento y campos. Radiación generada por corrientes en conductores. Radiación de dipolos. Sistemas radiantes.

Tema 6. Electromagnetismo y Relatividad.

Transformaciones de Lorentz. Estructura del espacio-tiempo: intervalo y cono de luz, invariantes, cuadrivectores posición, velocidad y momento lineal. Electrodinámica relativista: Cuadrivector densidad de corriente. Cuadrivector potencial. El campo magnético como efecto relativista, transformación de los

campos. El tensor campo electromagnético.

Bibliografía

- [1] RP Feynman, RB Leighton y M Sands, “The Feynman Lectures on Physics, New Millennium Edition Vol. II: Mainly Electromagnetism and Matter”, Caltech, (2010). https://www.feynmanlectures.caltech.edu/info/
- [2] DJ Griffiths, “Introduction to Electrodynamics”, 5ª Ed., Cambridge University Press, (2023).
- [3] P Lorrain, D Corson, F Lorrain, “Electromagnetic Fields and Waves”, 3ª Ed., Freeman and Co., (1988).
- [4] MH Nayfeh, MK Brussel, “Electricity and Magnetism”, Dover Publications, (2015).
- [5] DM Pozar, "Microwave Engineering", 4ª Ed., Wiley, (2021).
- [6] JR Reitz, FJ Milford, RW Christy, “Foundations of Electromagnetic Theory”, Addison-Wesley, 4ª Ed., (2008).
- [7] MNO Sadiku, “Elements of Electromagnetics”, 3ª Ed. OUP USA, (2000).
- [8] F Sánchez, LL Sánchez, M Sancho, J Santamaría, “Fundamentos del Electromagnetismo”, Síntesis, (2000).
- [9] RK Wangsness, “Campos Electromagnéticos”, Limusa, (2006).
- [10] A Zangwill, “Modern Electrodynamics”. Cambridge University press, (2013).

Recursos en Internet

En Campus Virtual de la UCM: https://campusvirtual.ucm.es/paginaAuxiliar/index.html

“Fundamentals of Applied EM”, https://www.youtube.com/channel/UCn-0FOjOLbuSZq7PkJUmzqg

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones.
- Clases prácticas de problemas.

En las lecciones de teoría se usará la pizarra y proyecciones con ordenador. Ocasionalmente, estas lecciones se verán complementadas con simulaciones por ordenador y prácticas virtuales, que serán proyectadas en el aula.

Se suministrará a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en la clase, al igual que resúmenes de temas de especial dificultad, que los encontrarán en el campus virtual.

Como parte de la evaluación continua se podrá incluir: realización de controles, entrega de problemas resueltos y/o otros trabajos escritos.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	80%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

El examen final de la asignatura constará de una parte de cuestiones y otra de problemas.

Otras actividades	**Peso:**	20%

Se podrán obtener hasta 2 puntos realizando actividades de evaluación continua como: controles, cuestionarios interactivos en clase, ejercicios entregables, ejercicios breves individuales realizados durante la clase o acreditando otros méritos que demuestren un buen aprovechamiento del curso.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.8N_{Exam} + 0.2N_{OtrasActiv}$$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Física Cuántica I		Código	800503	Curso	2º	Sem.	2º
Módulo	Formación General	Materia	Física Cuántica y Estadística	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	6	3.5	2.5
Horas presenciales	55	30	25

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Adquirir el concepto de función de onda y las bases de la descripción de los fenómenos cuánticos mediante la ecuación de Schrödinger.
- Resolver problemas unidimensionales y tridimensionales con simetría esférica (átomo de hidrógeno, oscilador armónico).

Breve descripción de contenidos

Origen y bases experimentales de la Física Cuántica. Formalismo matemático: estados y observables. Ecuación de Schrödinger: potenciales unidimensionales y tridimensionales. Oscilador armónico y átomo de hidrógeno.

Conocimientos previos necesarios

Para cursar la asignatura con aprovechamiento es imprescindible dominar los conceptos y técnicas matemáticas que se enseñan en las asignaturas de Álgebra y Cálculo de primer curso, y Métodos Matemáticos I de primer cuatrimestre de segundo curso. Asimismo, son también necesarios los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Mecánica Clásica y Electromagnetismo I.

Profesor/a coordinador/a	José Alberto Ruiz Cembranos		Dpto.	FT
	Despacho	03.310.0	e-mail	cembra@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	L,M J	10:30 – 12:00 11:00 – 12:00	Clara Peset Martín	Todo el semestre	55	T/P	FT
B (inglés)	19	Mo,Tu Fr	9:00 – 10:30 9:00 – 10:00	Artemio González López	Full Term	55	T/E	FT
C	11	X V	15:00 - 17:00 16:00 – 18:00	Artemio González López	Todo el semestre	55	T/P	FT
D	9	L	17:00 – 18:30	José Luis Blázquez	Todo el	45	T/P	FT

		M J	16:30 – 17:30 15:30 – 17:00	Salcedo Pablo Navarro Moreno	semestre Todo el semestre	10	P	
E	11	M V	10:00 – 12:00 9:00 - 11:00	José Alberto Ruiz Cembranos	Todo el semestre	55	T/P	FT

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Clara Peset Martín	L: 12:00-13:30 M: 12:00 -14:00 + 3 horas online	cpeset@ucm.es	02.314.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Artemio González López	M,J: 11:00-13:00 + 2 horas online	artemio@fis.ucm.es	02.307.0
D	Jose Luis Blázquez Salcedo	M: 11:00-13:00 X: 10:00-12:00 + 3 horas online	joseluis.blazquez@fis.ucm.es	03.304.0 bis
	Pablo Navarro Moreno	1er. semestre M: 15:00-17:00 2º semestre L: 15:00-17:00	panava03@ucm.es	03.328.0
E	José Alberto Ruiz Cembranos	M: 12:00-13:00 V: 11:00-13:00 +3h online	cembra@ucm.es	03.310.0

Programa teórico de la asignatura

1. **Bases experimentales de la Física cuántica.** Radiación del cuerpo negro e hipótesis de Planck. Efecto fotoeléctrico. Dispersión Compton. Modelo atómico de Bohr. Principio de de Broglie. Dualidad onda partícula. Experimento de la doble rendija.

2. **Ecuación de Schrödinger.** La ecuación de Schrödinger. La función de onda y su interpretación probabilista. Ecuación de continuidad. Valores esperados de variables dinámicas y el teorema de Ehrenfest. Observables y operadores autoadjuntos. Autoestados y autovalores. La representación en espacio de momentos. Paquetes de ondas. Relaciones de indeterminación de Heisenberg.

3. **Problemas unidimensionales.** Estados estacionarios y ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Estados ligados y de colisión. Pozos y barreras de potencial. Coeficientes de reflexión y transmisión. Efecto túnel. El espectro de un potencial unidimensional general.

4. **Formalismo de la Mecánica cuántica.** Espacios de Hilbert. Vectores y estados físicos. Notación de Dirac. Medidas y probabilidad. Evolución temporal y constantes de movimiento. Observables compatibles.

5. **El oscilador armónico unidimensional.** Resolución mediante serie de potencias y polinomios de Hermite. Espectro y funciones de onda para los estados ligados. Operadores creación y destrucción. Resolución algebraica.

6. **Problemas tridimensionales.** Separación de variables en coordenadas cartesianas: pozo infinito y oscilador armónico. Potenciales centrales y separación de variables en coordenadas esféricas. Momento angular y armónicos esféricos. Ecuación radial. Pozo esférico infinito y oscilador armónico isótropo. Átomo de hidrógeno: energías y funciones de onda para los estados ligados.

Bibliografía

Básica

1. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloë, Quantum Mechanics, vol. 1, 2nd ed. Wiley-Blackwell, Berlin, 2019.
2. D. J. Griffiths. Introduction to Quantum Mechanics. Nueva York 1995. Ed. Prentice Hall.
3. C. Sánchez del Rio (coord.), Física Cuántica, 7ª ed. Pirámide, Madrid, 2020.
4. L. E. Schiff, Quantum Mechanics, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, 1968.
5. S. Gasiorowicz. Quantum Physics. Nueva York 2003. Ed. John Wiley.

Complementaria

1. F. Constantinescu and E. Magyari, Problems in Quantum Mechanics. Pergamon Press, London, 1971.
2. S. Flugge. Practical Quantum Mechanics. Ed. Springer. 1999.
3. L. Landau, E. Lifshitz. Quantum Mechanics. Londres 1958. Ed. Pergamon Press.
4. A. Messiah, Quantum Mechanics. Dover, New York, 1994.
5. R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, 2nd ed. Springer, New York, 2008.
6. S. Weinberg, Lectures on Quantum Mechanics, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge
7. I. I. Goldman, V. D. Krivchenkov. Problems in Quantum Mechanics. Nueva York 1993. Ed. Dover.
8. A. Galindo, P. Pascual. Mecánica Cuántica. Madrid 1999. Eudema.

Recursos en internet

Campus virtual UCM o/y páginas web mantenidas por los profesores.

Metodología

A) Clases de teoría y problemas con los siguientes objetivos:

- Explicar los resultados experimentales fundamentales que originan el desarrollo de la Física Cuántica y los conceptos que ésta introduce.
- Enseñar los métodos de cálculo básicos de la Física Cuántica.
- Mediante la resolución de ejercicios y discusión de ejemplos, desarrollar en el alumno el dominio de las ideas cuánticos.

B) Se entregarán a los alumnos hojas de problemas con enunciados para que se ejerciten y adquieran el dominio de los contenidos de la asignatura.

C) Se estimulará la discusión y la participación en tutorías.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10. El examen final consistirá en un número de problemas prácticos y/o cuestiones teóricas de dificultad similar al contenido de las clases.		
Otras actividades	**Peso:**	30%
Se podrá realizar una prueba escrita a mitad de curso. Si el desarrollo del temario y el tiempo lo permite, queda a juicio del profesor de cada grupo plantear además otras actividades, como presentación de trabajos, preguntas en clase, etc. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.		
Calificación final		
Calificación final: $$C_{Final} = \max (0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , N_{Exam})$$ Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 3.5$. Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Métodos Matemáticos II		Código	800505	Curso	2º	Sem.	2º
Módulo	Formación General	Materia	Métodos Matemáticos de la Física	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	6	3.5	2.5
Horas presenciales	55	30	25

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Estudiar las ecuaciones en derivadas parciales básicas de la Física, conocer su ámbito de aplicación y dominar las técnicas fundamentales de obtención de soluciones.
- Aprender el uso de los métodos del análisis de Fourier y su aplicación a las ecuaciones diferenciales.
- Conocer las propiedades principales de las funciones especiales más usadas en Física.

Breve descripción de contenidos

Ecuaciones en derivadas parciales; series y transformadas de Fourier; resolución de problemas de contorno; funciones especiales.

Conocimientos previos necesarios

Cálculo en una y varias variables. Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales.

Profesor/a coordinador/a	Federico Finkel Morgenstern		FT
	Despacho: 02.311.0	e-mail:	ffinkel@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	X J	10:00 – 12:00 12:00 – 14:00	Manuel Mañas Baena	Todo el cuatrimestre	55	T/P	FT
B (inglés)	19	Mo Th	12:00 – 14:00 10:00 – 12:00	Carmelo Pérez Martín	Fulm term	55	T/E	FT
C	11	L, X V	17:00 – 18:30 15:00 – 16:00	Federico Finkel Morgenstern	Todo el cuatrimestre	43	T/P	FT
				Darío Jaramillo Garrido		12	P	

D	9	M J V	15:00 – 16:30 17:00 – 18:30 16:30 – 17:30	Piergiulio Tempesta	Todo el cuatrimestre	55	T/P	FT
E	11	L , X V	10:30 – 12:00 11:00 – 12:00	Federico Finkel Morgenstern	Todo el cuatrimestre	49	T/P	FT
				Darío Jaramillo Garrido		6	P	FT

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Manuel Mañas Baena	L, M, X 16:30-18:30	manuel.manas@fis.ucm.es	02.318.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Federico Finkel Morgenstern	1er. semestre M: 14:30-16:30 J: 11:00-13:00 14:30-16:30 2º semestre L,X: 12:00-13:00 14:30-16:30	ffinkel@fis.ucm.es	02.311.0
	Darío Jaramillo Garrido	L: 10:00-11:00 J: 15:00-16:00	djaramil@ucm.es	02.329.0
D	Piergiulio Tempesta	L: 15:00-16:00 J: 11:00-13:00 y 16:00-17:00 V: 11:00-12:00 y 15:00-16:00	p.tempesta@fis.ucm.es	02.304.0
E	Federico Finkel Morgenstern	1er. semestre M: 14:30-16:30 J: 11:00-13:00 14:30-16:30 2º semestre L,X: 12:00-13:00 14:30-16:30	ffinkel@fis.ucm.es	02.311.0
	Darío Jaramillo Garrido	L: 10:00-11:00 J: 15:00-16:00	djaramil@ucm.es	02.329.0

Programa teórico de la asignatura

1. Introducción a las ecuaciones en derivadas parciales. EDP de primer orden. EDP lineales de segundo orden. Condiciones de contorno e iniciales. Las ecuaciones de la Física-Matemática. La ecuación de ondas.

2. Soluciones en forma de serie de EDO y funciones especiales. Puntos ordinarios y singulares regulares. Ecuaciones de Hermite, Legendre y Bessel.

3. Problemas de contorno para EDO y series y transformada de Fourier. Autovalores y autofunciones. Conjuntos de funciones ortogonales. Desarrollos en serie de autofunciones. Series trigonométricas de Fourier. Convergencia. Problemas no homogéneos. Transformadas de Fourier.

4. EDP: método de separación de variables y desarrollos en autofunciones. Problemas homogéneos y no homogéneos para las ecuaciones de la Física Matemática (calor, ondas, Laplace...). Problemas en coordenadas cartesianas, polares, cilíndricas y esféricas.

Bibliografía

Básica

- William E. Boyce y Richard C. DiPrima, Ecuaciones Diferenciales y Problemas con Valores en la Frontera, Editorial Limusa, 2002.
- Richard Habermann, Ecuaciones en Derivadas Parciales con Series de Fourier y Problemas de Contorno, Prentice Hall, 2003.
- Manuel Mañas and Luis Martínez Alonso, Boundary Value Problems for Linear Partial Differential Equations, Chapman and Hall/CRC (Taylor & Francis group), 2024. ISBN:978-1-0326-6252-7.
- Peter Olver, Introduction to Partial Differential Equations, Sringer, 2016.
- Walter A. Strauss, Partial Differential Equations: An Introduction, John Wiley & Sons, 2008.

Complementaria

- Federico Finkel, Manual de Métodos Matemáticos II, disponible en Campus Virtual.
- Fritz John, Partial Differential Equations, Springer, 1978.
- Manuel Mañas Baena y Luis Martínez Alonso, Ecuaciones Diferenciales II.. (https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/8f8e7746-5613-4b65-8c22-5fe3b8bb4d2b/content)
- George F. Simmons, Ecuaciones diferenciales, con aplicaciones y notas históricas, McGraw-Hill, 1993.
- Piergiulio Tempesta, Manual de Métodos Matemáticos II, disponible en Campus Virtual.
- Georgi P. Tolstov, Fourier Series, Dover, 1976.
- Hans F. Weinberger, Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, con métodos de variable compleja y de transformaciones integrales, Reverté, 2011.

Recursos en internet

Se utilizará el Campus Virtual.

Metodología

En las clases se alternarán lecciones de teoría para explicar los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones, con resolución de problemas. Los estudiantes dispondrán previamente de los enunciados de estos problemas. Se usará la pizarra de manera habitual y, excepcionalmente, se mostrarán en la pantalla presentaciones o algún programa de ordenador.

Se realizarán además algunas de estas actividades: entrega de ejercicios y trabajos hechos en casa, individualmente o en grupo, controles en horario de clase para ser calificados...

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	65%

Calificación final de exámenes: N_{Exam}, comprendida entre 0 y 10.

El examen final, tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria, consistirá en la resolución por escrito de problemas similares a los propuestos a lo largo del curso (con formulario y

sin calculadora).

Otras actividades	Peso:	35%

La nota final $N_{OtrasActiv}$ de otras actividades será un número entre 0 y 10 puntos que se obtendrá total o muy principalmente (según el grupo) a través de los controles realizados. Esta nota se tendrá en cuenta en ambas convocatorias (ordinaria y extraordinaria).

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{0.65\ N_{Exam} + 0.35\ N_{OtrasActiv},\ N_{Exam}\}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$.

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Laboratorio de Física II		Código	800506	Curso	2º	Sem.	Anual
Módulo	Formación General	Materia	Laboratorio de Física	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	7,5	1,4	6,1
Horas presenciales	89,5	13,5	76

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer principios, técnicas de análisis e instrumentos de medida y los fenómenos experimentales de interés en Termodinámica, Mecánica, Electricidad y Magnetismo, y Física Cuántica.
- Adquirir destrezas en el manejo de aparatos e instrumentación.
- Evaluar los límites de los métodos de medidas debidos a las interferencias, a la simplicidad de los modelos y a los efectos que se desprecian en el método de medida.
- Ser capaz de elaborar informes y documentar un proceso de medida en lo que concierne a su fundamento, a la instrumentación que requiere y a la presentación de resultados.
- Saber analizar los resultados de un experimento y extraer conclusiones usando técnicas estadísticas y ajustes de datos experimentales a ecuaciones teóricas (regresión lineal y no-lineal, distribuciones de probabilidades, bondad de ajustes mediante Chi-cuadrado, etc.).

Breve descripción de contenidos

Laboratorios de Termodinámica, Mecánica, Electricidad y Magnetismo y Física Cuántica; técnicas de tratamiento de datos; estadística básica.

Conocimientos previos necesarios

Conservación de la energía, rotación del sólido rígido, ondas en cuerdas, interferencia de ondas, difracción de ondas, ondas estacionarias, movimiento oscilatorio, medios dispersivos.

Calor y temperatura: Temperatura y equilibrio térmico. Ley de los gases ideales. Calor específico. Primer principio de la termodinámica. Procesos adiabáticos en un gas ideal. Segundo Principio de la Termodinámica.

Corriente continua y alterna. Asociación de resistencias y condensadores. Leyes de Biot-Savart y de Faraday.

Hipótesis de Planck sobre emisión y absorción de luz. Efecto fotoeléctrico. Fotones. Espectro de niveles de energía discretos. Modelo atómico de Bohr.
Se recomienda estar realizando las asignaturas de Termodinámica, Mecánica Clásica y Física Cuántica I

Asignaturas en cuyo desarrollo influye

Termodinámica, Mecánica Clásica, Física Cuántica I y Laboratorio de Física III.

Profesores coordinadores	Mohamed Khayet Souhaimi Loreto García Fernández			**Dpto.**	EMFTEL
	Despacho	01.106.0 01.108.0	**e-mail**	khayetm@fis.ucm.es loreto.garcia@ucm.es	
	Víctor Rouco Gómez César González Pascual			**Dpto.**	FM
	Despacho	03.249.0 02.103	e-mail	vrouco@ucm.es cesar.gonzalez@ucm.es	

Teoría – Detalle de profesorado			
Grupo	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A	Mohamed Khayet Souhaimi	3	EMFTEL
	Loreto García Fernández	3	EMFTEL
	César González Pascual Víctor Rouco Gómez	4,5	FM
	Fabián A. Cuéllar J.	1,5	FM
B (inglés)	Mohamed Khayet Souhaimi	3	EMFTEL
	Loreto García Fernández	3	EMFTEL
	Andrey Malyshev Víctor Rouco Gómez	4.5	FM
	Fabián A. Cuéllar J.	1.5	FM
C	Mohamed Khayet Souhaimi	3	EMFTEL
	Loreto García Fernández	3	EMFTEL
	Víctor Rouco Gómez	4,5	FM
	Fabián A. Cuéllar J.	1,5	FM
D	Mohamed Khayet Souhaimi	3	EMFTEL
	Loreto García Fernández	3	EMFTEL
	César González Pascual Víctor Rouco Gómez	4,5	FM
	Fabián A. Cuéllar J.	1,5	FM
E	Mohamed Khayet Souhaimi	3	EMFTEL
	Loreto García Fernández	3	EMFTEL
	César González Pascual Víctor Rouco Gómez	4,5	FM
	Fabián A. Cuéllar J.	1,5	FM

	Horarios de teoría. 1er SEMESTRE (clases las 2 primeras semanas)			Horarios de teoría. 2º SEMESTRE (clases las 2 o 3 primeras semanas, consultar cuadros horarios)		
Grupo	**Día**	**Horas**	**Aula**	**Día**	**Horas**	**Aula**
A	L	12:00 -13:30	9	M	12:00 -13:30	9
	M	12:00 -13:30	9	X	08:30 -10:00	9
B (inglés)	Mo	12:00-13:30	10	Th	8:30-10:00	19
	Th	12:00-13:30	10	Fr	12:00-13:30	19
C	L	14:30 -16:30	10	M	13:30 -15:00	5
	V	14:00 -15:00	10	J	13:30 - 15:00	11
D	L	14:30 -16:00	9	X	18:00 -19:30	9
	J	18:00 -19:30	9	V	17:30 -19:00	9
E	L	11:00 -12:00	11	L	12:00 -13:30	11
	V	12:30 -14:30	11	X	13:30 -15:00	11
DG (EyM)				L 19/01/26	17:00-18:30	6

Teoría (Aula de informática) – Detalle de profesorado			
Grupo	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	Sergio Díaz de Luz	1,5	EMFTEL
A2	Carmen García Payo	1,5	EMFTEL
B1	Loreto García Fernández	1,5	EMFTEL
B2	Sergio Díaz de Luz	1,5	EMFTEL
C1	Sergio Díaz de Luz	1,5	EMFTEL
C2	Carmen García Payo	1,5	EMFTEL
D1	Sergio Díaz de Luz	1,5	EMFTEL
D2	Carmen García Payo	1,5	EMFTEL
E1	Sergio Díaz de Luz	1,5	EMFTEL
E2	Carmen García Payo	1,5	EMFTEL

Tutorías				
Grupos	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
T	Mohamed Khayet Souhaimi	M: 11:00-14:00 (+ 3h atención online, campus virtual o correo electrónico, L a V)	khayetm@fis.ucm.es	01.106.0
	Loreto García Fernández	1er semestre: M, X: 12:30-14:00 2º semestre: L: 12:30-14:00, J: 10:00-11:30 (+ 3h no presenciales)	loreto.garcia@ucm.es	01.108.0
MyO	Víctor Rouco Gómez	L,M: 9:30-11:00 (+3h online)	vrouco@ucm.es	03.249.0
	César González Pascual	1er. semestre X,J,V: 11:00-13:00 2º semestre: M,X,J: 15:00-17:00	cesar.gonzalez@ucm.es	02.103.0
	Andrey Malyshev	M: 10:30-13:30 J: 10:30-13:30 on line	a.malyshev@fis.ucm.es	02.126.0
EyM	Fabián A. Cuéllar J.	L. 15:00-18:00. (+3h online)	f.cuellar@fis.ucm.es	03.250.0

Calendario y Horarios de Grupos de Laboratorio

AVISO: La asignación de los grupos de laboratorio se realizará a través de automatrícula. No se permitirán cambios de grupo tras la matrícula que impliquen ampliación en el número de alumnos por encima del máximo establecido para cada grupo. Es importante que los alumnos revisen los posibles solapamientos ya que no se podrán realizar cambios de grupo por este motivo.

Las prácticas se realizarán por parejas de alumnos que, en la medida de lo posible, se mantendrán durante todo el curso

AVISO PARA ALUMNOS DE DOBLE GRADO

En el primer cuatrimestre, los alumnos de DG del grupo A asistirán a las clases de teoría de los grupos C o E.

En el segundo cuatrimestre, los alumnos de DG asistirán a las clases de teoría donde estén matriculados, excepto para la clase de EyM que se realizará aparte.

AVISO IMPORTANTE PARA ALUMNOS REPETIDORES

Los alumnos repetidores que tengan aprobados TODOS los laboratorios OBLIGATORIAMENTE se matricularán en el GRUPO DE LABORATORIO L18.

Las calificaciones de los laboratorios obtenidas en el curso 2024-2025 se guardan para el curso 2025-2026 (sólo durante un curso académico).

Observaciones Generales sobre las sesiones de laboratorio:

- *En algunos casos se entregará el informe de las prácticas en la misma sesión de laboratorio.*
- *Se dedicará parte de la sesión de laboratorio a la discusión de los resultados obtenidos en la actual sesión, así como de los informes entregados de las sesiones previas.*
- Los informes deberán incluir las respuestas a las preguntas planteadas en los guiones de las prácticas
- Se aplicarán los conceptos teóricos vistos en las sesiones teóricas y de informática.
- *En Física Cuántica se realizará un seguimiento del trabajo en el laboratorio durante cada sesión.*
- ***POR NECESIDADES DE CALENDARIO, LAS PRÁCTICAS DE FÍSICA CUÁNTICA SE REALIZAN UN DIA DE LA SEMANA DISTINTO AL HABITUAL DE CADA GRUPO.***

Notación de las tablas para los laboratorios:

Termo: Laboratorio de Termodinámica. Planta sótano.
MyO: Laboratorio de Mecánica y Ondas. Sótano. Ala Este. Local 105.
EyM: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo. Sótano. Módulo central. Local 204
FQ: Laboratorio de Física Cuántica

Laboratorios – Detalle de profesorado			
Grupo	**Profesor**	**Dpto**	**e-mail**
L1	Francisco Javier Cao García (1er sem., Termo)	EMFTEL	francao@fis.ucm.es
	Chantal Valeriani (2º sem. Termo)		cvaleriani@ucm.es
	Laura Álvaro (1er sem. MyO)	FM	laura.alvaro@ucm.es
	Ruth Martínez (2º sem. MyO)		mariarum@ucm.es
	Borja García (EyM)		borjag04@ucm.es
	Luis Miguel Sánchez Brea (FQ)	OP	opbrea@fis.ucm.es
L2	Inés Del Monte García (1er sem., Termo)	EMFTEL	idelmont@ucm.es
	María Amparo Izquierdo Gil (2º sem. Termo)		amparo@ucm.es
	Rafa Fuster (1er sem. MyO)	FM	rfuster@ucm.es
	Ruth Martínez (2º sem MyO)		mariarum@ucm.es
	Elena Navarro (EyM)		enavarro@fis.ucm.es
	Luis Miguel Sánchez Brea (FQ)	OP	opbrea@fis.ucm.es
L3	Javier García Muñoz (1er sem., Termo)	EMFTEL	javiga25@ucm.es
	Juan Pedro García Villaluenga (2º sem. Termo)		jpgarcia@ucm.es
	Ana Urbieta (1er sem MyO)	FM	anaur@ucm.es
	María Garrido (2º sem MyO)		magarr11@ucm.es
	Víctor Rouco (EyM)		vrouco@ucm.es
	Luis Miguel Sánchez Brea (FQ)	OP	opbrea@fis.ucm.es
L4	Sergio Díaz de Luz (Termo)	EMFTEL	serdia01@ucm.es

Laboratorios – Detalle de profesorado			
Grupo	**Profesor**	**Dpto**	**e-mail**
	Andrey Malyshev (1er sem. MyO)	FM	a.malyshev@fis.ucm.es
	Elvira González Herrera (2er sem MyO)		cygnus@ucm.es
	Zouhair Sefrioui (EyM)		sefrioui@ucm.es
	Luis Miguel Sánchez Brea (FQ)	OP	opbrea@fis.ucm.es
L5	Marco Mendívil Carboni (1er sem. Termo)	EMFTEL	mmendi05@ucm.es
	Juan Pedro García Villaluenga (2º sem. Termo)		jpgarcia@ucm.es
	Ana Urbieta (1er sem MyO)	FM	anaur@ucm.es
	Elvira González Herrera (2º sem. MyO)		cygnus@ucm.es
	Elena Navarro (EyM)		enavarro@ucm.es
	Luis Miguel Sánchez Brea (FQ)	OP	opbrea@fis.ucm.es
L6	Rodrigo Fernández-Quevedo García (1er sem. Termo)	EMFTEL	rodfer05@ucm.es
	Samuel Lozano Iglesias (2º sem. Termo)		samuel.lozano@ucm.es
	Laura Álvaro (1er sem. MyO)	FM	gc.vasquez@ucm.es
	Elvira González Herrera (2º sem. MyO)		cygnus@ucm.es
	Alejandro Martín (EyM)		alemarta@ucm.es
	Luis Miguel Sánchez Brea (FQ)	OP	opbrea@fis.ucm.es
L7	Rodrigo Fernández-Quevedo García (1er sem. Termo)	EMFTEL	rodfer05@ucm.es
	Cayetano Soneira Landín (2º sem. Termo)		csoneira@ucm.es
	César González Pascual (1er sem. MyO) Borja García (2º sem. MyO) Víctor Rouco (EyM)	FM	cesar.gonzalez@ucm.es borjag04@ucm.es vrouco@ucm.es
	Luis Miguel Sánchez Brea (FQ)	OP	opbrea@fis.ucm.es
L8	Francisco Javier Cao García (1er sem., Termo)	EMFTEL	francao@fis.ucm.es
	Ricardo Brito López (2º sem. Termo)		brito@fis.ucm.es
	Andrey Malyshev (1er semestre MyO)	FM	a.malyshev@fis.ucm.es
	Charles Creffield (2º sem MyO)		c.creffield@fis.ucm.es
	Zouhair Sefrioui (EyM)		sefrioui@ucm.es
	Luis Miguel Sánchez Brea (FQ)	OP	opbrea@fis.ucm.es
L9	Alberto Domínguez Díaz (1er sem., Termo)	EMFTEL	alberto.d@ucm.es
	Pablo González-Tarrío Vicente (2º sem., Termo)		pablgo19@ucm.es
	Geraldo Cristian Vasquez Villanueva(1er.sem.	FM	laura.alvaro@ucm.es

Laboratorios – Detalle de profesorado			
Grupo	**Profesor**	**Dpto**	**e-mail**
	MyO)		
	María Garrido (2º sem. MyO)		magarr11@ucm.es
	Zouhair Sefrioui (EyM)		sefrioui@ucm.es
	Luis Miguel Sánchez Brea (FQ)	OP	opbrea@fis.ucm.es
L10	José Martín Roca (1er sem., Termo)	EMFTEL	josema10@ucm.es
	Iván Colmenarejo Allavena (2º sem., Termo)		icolmena@ucm.es
	Charles Creffield (MyO)	FM	c.creffield@fis.ucm.es
	Zouhair Sefrioui (EyM)		sefrioui@ucm.es
	Luis Lorenzo Sanchez Soto (FQ)	OP	lsanchez@fis.ucm.es
L11	José Antonio Briz Monago (Termo)	EMFTEL	josebriz@ucm.es
	Charles Creffield (1er sem. MyO)	FM	c.creffield@fis.ucm.es
	María Garrido (2º sem. MyO)		magarr11@ucm.es
	Pedro Alcázar (EyM)		pedrolua@ucm.es
	Luis Lorenzo Sanchez Soto (FQ)	OP	lsanchez@fis.ucm.es
L12	José Martín Roca (1er sem. Termo)	EMFTEL	josema10@ucm.es
	Iván Colmenarejo Allavena (2º sem. Termo)		icolmena@ucm.es
	Francisco Fernández (1er sem. MyO)	FM	frafer06@ucm.es
	Pedro Alcázar (2º sem. MyO)		pedrolua@ucm.es
	Yanicet Ortega (EyM)		yanicet@ucm.es
	Luis Lorenzo Sanchez Soto (FQ)	OP	lsanchez@fis.ucm.es
L13	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**		
L14	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**		
L15 SÓLO DOBLE GRADO	Alejandro Ariza Carrasco (1er sem. Termo)	EMFTEL	alariza@ucm.es
	Javier García Muñoz (2º sem. Termo)		javiga25@ucm.es
	María Echániz (1er sem. MyO)	FM	mechan01@ucm.es
	María Garrido (2º sem. MyO)		magarr11@ucm.es
	Pedro Alcázar (EyM)		pedrolua@ucm.es
	Luis Lorenzo Sanchez Soto (FQ)	OP	lsanchez@fis.ucm.es

Laboratorios – Detalle de profesorado			
Grupo	**Profesor**	**Dpto**	**e-mail**
L16 **SÓLO DOBLE GRADO**	Marco Mendívil Carboni (Termo)	EMFTEL	mmendi05@ucm.es
	Alejandro Martín (1er sem. MyO)	FM	alemarta@ucm.es
	Víctor Rouco (2º sem. MyO)		vrouco@ucm.es
	Fabián A. Cuéllar (EyM)		facuella@ucm.es
	Luis Lorenzo Sanchez Soto (FQ)	OP	lsanchez@fis.ucm.es
L17	Alberto Domínguez Díaz (Termo)	EMFTEL	alberto.d@ucm.es
	Francisco Fernández (1er sem. MyO)	FM	frafer06@ucm.es
	María Garrido (2º sem. MyO)		magarr11@ucm.es
	Miguel Romera (EyM)		miromera@ucm.es
	Luis Lorenzo Sanchez Soto (FQ)	OP	lsanchez@fis.ucm.es

Calendario y horario de Laboratorios		Calendario sesiones	Nº	21
Grupo	**Fechas**	**Horas**	**Lab.**	
L1	22/09/2025 - 29/09/2025 - 06/10/2025 - 13/10/2025	10:00-13:00	Termo	
	20/10/2025 - 27/10/2025 - 03/11/2025 - 17/11/2025	9:30-13:30	MyO	
	02/02/2026 - 09/02/2026 - 16/02/2026	9:30-13:30	MyO	
	23/02/2026 - 02/03/2026 - 09/03/2026 - 16/03/2026 - 23/03/2026	9:30-13:30	Termo	
	13/04/2026 – 20/04/2026 - 27/04/2026	9:30-13:30	EyM	
	03/03/2026	9:30-13:30	FQ	
L2	23/09/2025 - 30/09/2025 - 07/10/2025 - 14/10/2025	9:30-13:30	MyO	
	21/10/2025 - 28/10/2025 - 04/11/2025 - 11/11/2025	10:00-13:00	Termo	
	10/02/2026 - 17/02/2026 - 24/02/2026	9:30-13:30	EyM	
	03/03/2026 - 10/03/2026- 17/03/2026 - 24/03/2026 - 07/04/2026	9:30-13:30	Termo	
	14/04/2026 - 21/04/2026 - 28/04/2026	9:30-13:30	MyO	
	04/03/2026	9:30-13:30	FQ	
L3	24/09/2025 - 01/10/2025 - 08/10/2025 - 15/10/2025	10:00-13:00	Termo	
	22/10/2025 - 29/10/2025 - 05/11/2025 - 12/11/2025	9:30-13:30	MyO	
	11/02/2026 - 18/02/2026 - 25/02/2026 - 04/03/2026 - 11/03/2026	9:30-13:30	Termo	
	18/03/2026 - 25/03/2026 - 08/04/2026	9:30-13:30	EyM	
	15/04/2026 - 22/04/2026 - 29/04/2026	9:30-13:30	MyO	
	05/03/2026	9:30-13:30	FQ	
Calendario y horario de Grupos de Laboratorios (Continuación)				

Grupo	Fechas	Horas	Lab.
L4	25/09/2025 - 02/10/2025 - 09/10/2025 - 16/10/2025	9:30-13:30	MyO
	23/10/2025 - 30/10/2025 - 06/11/2025 - 13/11/2025	10:00-13:00	Termo
	12/02/2026 - 19/02/2026 - 26/02/2026 - 05/03/2026- 12/03/2026	9:30-13:30	Termo
	19/03/2026 - 26/03/2026 - 09/04/2026	9:30-13:30	MyO
	16/04/2026 - 23/04/2026 - 30/04/2026	9:30-13:30	EyM
	06/03/2026	9:30-13:30	FQ
L5	24/09/2025 - 01/10/2025 - 08/10/2025 - 15/10/2025	9:30-13:30	MyO
	22/10/2025 - 29/10/2025 - 05/11/2025 - 12/11/2025	10:00-13:00	Termo
	11/02/02026 - 18/02/2026 - 25/02/2026	9:30-13:30	EyM
	04/03/2026 - 11/03/2026 - 18/03/2026	9:30-13:30	MyO
	25/03/2026 - 08/04/2026 - 15/04/2026 - 22/04/2026 - 29/04/2026	9:30-13:30	Termo
	12/03/2026	9:30-13:30	FQ
L6	25/09/2025 - 02/10/2025 - 09/10/2025 - 16/10/2025	10:00-13:00	Termo
	23/10/2025 - 30/10/2025 - 06/11/2025 - 13/11/2025	9:30-13:30	MyO
	12/02/2026 - 19/02/2026 - 26/02/2026	9:30-13:30	MyO
	05/03/2026 - 12/03/2026 - 19/03/2026	9:30-13:30	EyM
	26/03/2026 - 09/04/2026 - 16/04/2026 - 23/04/2026 - 30/04/2026	9:30-13:30	Termo
	13/03/2026	9:30-13:30	FQ
L7	22/09/2025 - 29/09/2025 - 06/10/2025 - 13/10/2025	15:00-18:00	Termo
	20/10/2025 - 27/10/2025 - 03/11/2025 - 17/11/2025	15:00-19:00	MyO
	02/02/2026 - 09/02/2026 - 16/02/2026 - 23/02/2026 - 02/03/2026	15:00-19:00	Termo
	09/03/2026 - 16/03/2026 - 23/03/2026	15:00-19:00	MyO
	13/04/2026 - 20/04/2026 - 27/04/2026	15:00-19:00	EyM
	03/03/2026	15:00-19:00	FQ
L8	23/09/2025 - 30/09/2025 - 07/10/2025 - 14/10/2025	15:00-19:00	MyO
	21/10/2025 - 28/10/2025 - 04/11/2025 - 11/11/2025	15:00-18:00	Termo
	10/02/2026 - 17/02/2026 - 24/02/2026 - 03/03/2026 - 10/03/2026	15:00-19:00	Termo
	17/03/2026 - 24/03/2026 - 07/04/2026	15:00-19:00	EyM
	14/04/2026 - 21/04/2026 - 28/04/2026	15:00-19:00	MyO
	04/03/2026	15:00-19:00	FQ

Calendario y horario de Grupos de Laboratorios (Continuación)			
Grupo	**Fechas**	**Horas**	**Lab.**
L9	24/09/2025 - 01/10/2025 - 08/10/2025 - 15/10/2025	15:00-18:00	Termo
	22/10/2025 - 29/10/2025 - 05/11/2025 - 12/11/2025	15:00-19:00	MyO
	11/02/2026 - 18/02/2026 - 25/02/2026 - 04/03/2026- 11/03/2026	15:00-19:00	Termo
	18/03/2026 - 25/03/2026 - 08/04/2026	15:00-19:00	EyM
	15/04/2026 - 22/04/2026 - 29/04/2026	15:00-19:00	MyO
	06/03/2026	15:00-19:00	FQ
L10	25/09/2025 - 02/10/2025 - 09/10/2025 - 16/10/2025	15:00-19:00	MyO
	23/10/2025 - 30/10/2025 - 06/11/2025 - 13/11/2025	15:00-18:00	Termo
	12/02/2026 - 19/02/2026 -26/02/2026 - 05/03/2026 - 12/03/2026	15:00-19:00	Termo
	19/03/2026 - 26/03/2026 - 09/04/2026	15:00-19:00	MyO
	16/04/2026 - 23/04/2026 - 30/04/2026	15:00-19:00	EyM
	9/03/2026	15:00-19:00	FQ
L11	22/09/2025 - 29/09/2025 - 06/10/2025 - 13/10/2025	15:00-19:00	MyO
	20/10/2025 - 27/10/2025 - 03/11/2025 - 17/11/2025	15:00-18:00	Termo
	02/02/2026 - 09/02/2026 - 16/02/2026	15:00-19:00	MyO
	23/02/2026 - 02/03/2026 - 09/03/2026	15:00-19:00	EyM
	16/03/2026 - 23/03/2026 -13/04/2026 - 20/04/2026 - 27/04/2026	15:00-19:00	Termo
	12/03/2026	15:00-19:00	FQ
L12	25/09/2025 - 02/10/2025 - 09/10/2025 - 16/10/2025	15:00-18:00	Termo
	23/10/2025 - 30/10/2025 - 06/11/2025 - 13/11/2025	15:00-19:00	MyO
	12/02/2026 - 19/02/2026 - 26/02/2026	15:00-19:00	MyO
	05/03/2026 - 12/03/2026 - 19/03/2026	15:00-19:00	EyM
	26/03/2026 - 09/04/2026 - 16/04/2026 - 23/04/2026 - 30/04/2026	15:00-19:00	Termo
	13/03/2026	15:00-19:00	FQ
L13	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**		
L14	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**		

Calendario y horario de Grupos de Laboratorios (Continuación)			
Grupo	**Fechas**	**Horas**	**Lab.**

L15 **SOLO DOBLE GRADO**	03/10/2025 - 10/10/2025 - 17/10/2025 - 24/10/2025	10:00-14:00	MyO
	31/10/2025 -07/11/2025 -21/11/2025 -28/11/2025	10:00-13:00	Termo
	23/01/2026 - 06/02/2026 - 13/02/2026	14:30-18:30	EyM
	20/02/2026 - 27/02/2026 - 06/03/2026	14:30-18:30	MyO
	13/03/2026 - 20/03/2026 - 10/04/2026 - 17/04/2026 - 24/04/2026	14:30-18:30	Termo
	11/03/2026	15:00-19:00	FQ
L16 **SOLO DOBLE GRADO**	03/10/2025 -10/10/2025 -17/10/2025 -24/10/2025	10:00-13:00	Termo
	31/10/2025 - 07/11/2025 - 21/11/2025 - 28/11/2025	10:00-14:00	MyO
	23/01/2026 - 06/02/2026 - 13/02/2026 - 20/02/2026 - 27/02/2026	14:30-18:30	Termo
	06/03/2026 - 13/03/2026 - 20/03/2026	14:30-18:30	EyM
	10/04/2026 - 17/04/2026 - 24/04/2026	14:30-18:30	MyO
	5/03/2026	15:00-19:00	FQ
L17	26/09/2025 - 03/10/2025 - 10/10/2025 - 17/10/2025	15:00-19:00	MyO
	24/10/2025 - 31/10/2025 -07/11/2025 -21/11/2025	15:00-18:00	Termo
	23/01/2026 - 06/02/2026 - 13/02/2026	09:30-13:30	EyM
	20/02/2026 - 27/02/2026 - 06/03/2026	09:30-13:30	MyO
	13/03/2026 - 20/03/2026 - 10/04/2026 - 17/04/2026 - 24/04/2026	09:30-13:30	Termo
	10/03/2026	09:30-13:30	FQ

Programa teórico de la asignatura (1º semestre)

1. Concepto de temperatura y equilibrio térmico. Escalas termométricas.
2. Calorimetría. Calores específicos de gases, líquidos y sólidos.
3. Entalpía de vaporización.
4. Ley de conservación de la energía. Energía mecánica total, energía cinética y energía potencial.
5. Movimiento de rotación de un sólido rígido. Precesión y nutación de un giróscopo.
6. Oscilaciones acopladas. Modos normales de oscilación.
7. Viscosímetro de Stokes. Velocidad límite.

Programa teórico de la asignatura (2º semestre)

1. Tratamiento de datos. Ajustes no lineales.
2. Transiciones de fase de primer orden. Ecuación de Clausius-Clapeyron
3. Gases reales. Puntos críticos.
4. Dilatación térmica
5. Conductividad térmica.
6. Propagación de ondas en la superficie del agua.
7. Ondas acústicas. Interferencias.
8. Ondas estacionarias en cuerdas. Armónicos.
9. Repaso de corriente alterna.
10. Probabilidad discreta y continua. Distribuciones de probabilidad.

Programa de prácticas (Termodinámica)	Sesiones
1. Calibrado de un termómetro	1
2. Coeficiente adiabático de gases	1
3. Calor específico de líquidos	1
4. Entalpía de vaporización del nitrógeno líquido	1
5. Calor específico de sólidos	1
6. Isotermas de un gas real	1
7. Curva de vaporización del agua y su entalpía de vaporización	1
8. Coeficiente de dilatación térmica de sólidos y líquidos	1
9. Conductividad térmica de sólidos	1

Programa de prácticas (Mecánica y Ondas)	Sesiones
1. Disco de Maxwell	1
2. Viscosímetro de Stokes	1
3. Momentos de inercia y angular. Giróscopo de tres ejes	1
4. Péndulos acoplados	1
5. Cubeta de ondas	1
6. Tubo de Quincke: interferometría de ondas acústicas	1
7. Vibración de cuerdas: ondas estacionarias	1

Programa de prácticas (Electricidad y Magnetismo)	Sesiones
Grado en Física	
1. Medidas Eléctricas	1

2. Medidas con el osciloscopio: circuitos RC	1
3. Leyes de Biot-Savart e inducción electromagnética	1
Doble Grado en Física y Matemáticas	
1. Propiedades eléctricas y de transporte: ciclo de histéresis y efecto Hall	1
2. Resonancia en circuitos LCR y Filtros	1
3. Construcción de una fuente regulable de continua	1

Programa de prácticas (Física Cuántica) (solo se realizarán 2 de las prácticas enumeradas a continuación, una por sesión)	**Sesiones**
1. Radiación del cuerpo negro: Ley de Stefan y Boltzmann	1
2. Experimento de Franck y Hertz	1
3. Líneas de Balmer	1
4. Efecto fotoeléctrico: Constante de Planck	1

Bibliografía

Básica

- *Introducción a la Termodinámica,* C. Fernández-Pineda y S. Velasco. Ed. Síntesis (2009).

Termodinámica, J. Aguilar. Ed. Pearson Educación (2006).
Física. Vol. 1. Mecánica. M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1999).
Física. Vol. 2. Campos y Ondas. M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1998).
Física. Vol. 3. Fundamentos Cuánticos y Estadísticos. M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1986).
Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias, J. Gorgas, N. Cardiel y J. Zamorano (disponible en: http://www.ucm.es/info/Astrof/user/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf)

Complementaria

- *Termodinámica*, H.B. Callen. Ed. AC (1985).
- *Termodinámica*, C. Fernández-Pineda y S. Velasco. Ed. Ramón Areces (2009).
- *Berkeley Physics Course. Volumen 1. Mecánica.* Kittel. Ed. Reverté (2005).
- *Berkeley Physics Course. Volumen 3. Ondas.* Crawford. Ed. Reverté (2003).

Recursos en internet

La asignatura está dada de alta en el Campus Virtual.
En el Campus Virtual de la asignatura existen enlaces a otros recursos.

Metodología

La asignatura consta de clases teóricas y sesiones de laboratorio.

Las clases teóricas constarán de exposiciones del profesor. Se impartirán clases teóricas sobre Termodinámica, Mecánica y Ondas, Electricidad y Magnetismo, y Estadística Básica.

Las sesiones de laboratorio se realizarán por parejas de alumnos que se mantendrán durante todo el curso. Los alumnos dispondrán con antelación de los guiones de las prácticas en el Campus Virtual, que deberán haber estudiado antes del inicio de la correspondiente práctica. Los informes se entregarán según se indica en el guion de cada práctica de Laboratorio.

En las sesiones de laboratorio habrá un profesor para ayudar al alumno (explicaciones de las prácticas, dudas, resultados, etc.).

Evaluación: TERMODINÁMICA		
Realización de exámenes	**Peso:**	30%
Examen escrito al final de cada cuatrimestre sobre todo lo visto en las sesiones de Teoría, Informática y Laboratorios. En el examen no se entregará ningún formulario y se podrá utilizar solamente calculadora no programable.		
Otras actividades	**Peso:**	70%
Realización de prácticas en el laboratorio. Se tendrá en cuenta la asistencia a las clases de teoría. Se entregará un informe escrito de las prácticas realizadas. Los informes deben incluir las medidas realizadas, la estimación de las incertidumbres asociadas, los resultados obtenidos con una discusión de los mismos y las respuestas a las preguntas según se indica en los guiones de las prácticas. En las sesiones de laboratorio el profesor preguntará (oralmente o por escrito) sobre la práctica y calificará las respuestas. La calificación de esta materia será la media ponderada de los cuatro valores anteriores (una nota de examen por semestre y una nota de laboratorio por semestre) siempre que la calificación de cada examen sea ≥ 4.0 (sobre 10) y la de cada laboratorio ≥ 5.0 (sobre 10).		

Evaluación: MECÁNICA Y ONDAS		
Realización de exámenes	**Peso**	30%
Examen escrito al final de cada cuatrimestre.		
Otras actividades	**Peso**	70%

Realización de prácticas en el laboratorio. Se podrá tener en cuenta la asistencia a las clases de teoría.

Evaluación del trabajo realizado en el laboratorio y del análisis que del mismo se realice en los informes. En los informes debe incluirse las medidas realizadas, la estimación de las incertidumbres asociadas y los resultados obtenidos, así como la discusión de los mismos. En las sesiones del laboratorio el profesor preguntará (oralmente o por escrito) sobre la práctica y calificará las respuestas.

La calificación de esta materia será la media ponderada de los dos valores anteriores siempre que la calificación de cada examen sea ≥ 4.0 (sobre 10) y la correspondiente al laboratorio sea ≥ 5.0 (sobre 10).

Evaluación: ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO		
Otras actividades	**Peso:**	100%

La materia Electricidad y Magnetismo se evaluará a partir del trabajo realizado en el laboratorio. Para ello, se tendrá en cuenta el trabajo experimental realizado durante las sesiones de prácticas y la calificación de cuestionarios/informes que se entregarán preferiblemente durante las propias sesiones de laboratorio. Además, en las sesiones del laboratorio el profesor preguntará (oralmente o por escrito) sobre la práctica y calificará las respuestas.

Evaluación: FÍSICA CUÁNTICA		
Otras actividades	**Peso:**	100%

El seguimiento y evaluación del trabajo desarrollado en el laboratorio de Física Cuántica se llevará a cabo completando un informe de prácticas por experimento. El informe, se entregará en un plazo máximo de dos semanas a partir de la finalización de la sesión correspondiente y se evaluará sobre 10. Además, antes de finalizar cada sesión, el profesor podrá realizar un breve control escrito (tipo test o preguntas cortas) e individual, cuyo peso podrá suponer hasta un 20% de la calificación de la práctica respectiva.

La calificación final de esta materia será la media de las calificaciones obtenidas en cada práctica (que podrá incluir la calificación del correspondiente control).

Calificación final

Para aprobar la asignatura, será necesario haber realizado todas las prácticas y entregado los informes de las prácticas.

La calificación final, tanto en primera como en segunda convocatoria, será la media ponderada de las cuatro materias con los siguientes pesos:

Termodinámica: 42%, Mecánica y Ondas: 37%, Electricidad y Magnetismo: 14% y Física Cuántica: 7%.

Las calificaciones de las materias (Termodinámica, Mecánica y Ondas, Electricidad y Magnetismo y Física Cuántica) aprobadas en primera convocatoria se guardarán para la segunda convocatoria. Los alumnos sólo tendrán que examinarse de las materias NO superadas.

Tanto en Termodinámica como en Mecánica y Ondas el examen de la segunda convocatoria será sobre toda la materia vista durante todo el curso (teoría y prácticas del primer semestre y segundo semestre).

5. English Files for Second Year Subjects

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Classical Mechanics				Code	800498	Year	2nd	Sem.	1st
Module	General Core	Topic	Classical Physics			Character	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	7.5	4.5	3
Semester hours	69	39	30

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- Write the Lagrangian and Hamiltonian of a dynamical system in different types of generalized coordinates, and derive from them the corresponding equations of motion.
- Learn how to apply conservation laws to analyzing the motion of a mechanical system.
- Study the motion of a particle in a central potential.
- Learn the elementary kinematics and dynamics of rigid bodies.
- Study in greater depth the fundamentals of special relativity.

Brief description of contents

Review of Newtonian mechanics. Motion in a central force field. Introduction to analytical mechanics. Non-inertial reference frames. Rigid body motion. Complements on special relativity.

Prerequisites

Calculus, linear algebra, vector algebra and calculus, general physics.

Coordinator	Luis Manuel González Romero		Dept.	FT
	Room	02.320.0	e-mail	mgromero@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	10	Mo W Th	10:30 – 12:00 9:00 – 11:00 9:00 – 10:30	Fernando Ruiz Ruiz	Full term	69	T/E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Fernando Ruiz Ruiz	Tu, We, Th: 11:30 - 13:30	ferruiz@fis.ucm.es	0.315.0

Syllabus

1. **Review of Newtonian mechanics**
   Kinematics of a point particle. Inertial systems and Galilean relativity. Motion in a one-dimensional potential. Dynamics of a system of particles. Constants of motion.

2. **Motion in a central potential**
   Reduction of the equivalent two-body problem. Constants of motion. Integration of the equations of motion. Bounded orbits. The Kepler problem. Scattering by a central potential. Rutherford's formula.

3. **Fundamentals of Lagrangian and Hamiltonian mechanics**
   Introduction to the calculus of variations. Hamilton's principle for unconstrained systems. Constraints and generalized coordinates. Lagrange's equations. Constants of motion and Nöther's theorem. Small oscillations. Hamilton's canonical equations. Poisson brackets.

4. **Motion relative to a non-inertial frame**
   Three-dimensional rotations. Relative angular velocity of two orthonormal frames. Equations of motion in a non-inertial frame. Motion relative to the rotating Earth. Foucault's pendulum.

5. **Rigid body motion**
   Angular momentum and kinetic energy of a rigid body. Inertia tensor. The equations of motion of a rigid body. Euler's equations. Inertial motion of a symmetric top. Lagrange's top.

6. **Introduction to relativistic mechanics**
   Einstein's postulates. Lorentz transformations and their physical consequences. Relativistic addition of velocities.Four-velocity and four-momentum. Relativistic energy. Conservation of the four-momentum. Mass-energyequivalence. Relativistic collisions. Particles of zero mass. Relativistic dynamics.

Bibliography

Basic:

- S.T. Thornton and J.B. Marion, *Classical Dynamics of Particles and Systems,* 5th edition, Brooks/Cole, 2004.
- J.R. Taylor, *Classical Mechanics,* University Science Books, 2005.
- E.F. Taylor and J.A. Wheeler, *Spacetime Physics,* Freeman, 1992.
- A.P. French, *Special Relativity* (M.I.T. Introductory Physics), 1st edition, W. W. Norton & Company, 1968.
- A. González López, Lecture Notes on Classical Mechanics, 2020 (https://teorica.fis.ucm.es/artemio/Notas%20de%20curso/MC.pdf).

Complementary:

- F. Gantmacher, *Lectures in Analytical Mechanics,* MIR Publications, 1975.
- H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, *Classical Mechanics,* 3rd edition, Addison Wesley, 2002.
- L.D. Landau, E.M. Lifshitz, *Mechanics* (Course of Theoretical Physics, vol. 1), 3rd edition, Butterworth-Heinemann, 1976.
- L. Meirovitch, *Methods of Analytical Dynamics,* Dover, 2010.
- F.A. Scheck, *Mechanics: From Newton's Laws to Deterministic Chaos,* 4th edition, Springer, 2005.
- W. Rindler, *Introduction to Special Relativity,* Oxford, 1991.

Online Resources

Material and announcements related to the course will be posted in UCM's "Campus Virtual".

Methodology

Lectures will consist of theoretical explanations (including examples) and problem solving sessions. The corresponding problems will be made available to the students in advance through UCM's "Campus Virtual" at the beginning of each topic.

The instructor will answer both theoretical and problem-related questions from the students during his office hours.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	70%

The final exam will consist of a number of practical problems similar in difficulty to those solved during the lectures.

Other Activities	**Weight:**	30%

Exercises solved individually by students during lecture hours similar to those discussed in problem-solving sessions.

Final Mark

The final grade will be computed according to the formula

$$G = \max(E,\ 0.7\,E + 0.3\,A),$$

where E and A are respectively the "Exams" and "Other activities" grades (both in the range 0-10).

The grade obtained in the "Other activities" category in the first semester term will be carried over to the second semester evaluation (when applicable).

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Thermodynamics		Code	800499	Year	2nd	Sem.	1st
Module	General Core	**Topic**	Classical Physics			**Character**	Obligatory

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	7.5	4.5	3
Semester hours	69	39	30

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

To get knowledge of:

- Thermodynamic Laws and their consequences.
- First Law as the general principle of energy conservation with an equation of state, the internal energy
- Entropy and how its properties affect the thermodynamic behavior of systems.
- Thermodynamic potentials as a complete information of a thermodynamic system.
- Relationship between thermodynamic formalism and experiments.

Brief description of contents

Zeroth Law. Concept of temperature. First Law: internal energy and heat. Second Law: entropy. Thermodynamic potentials, stability and equilibrium. Open systems, phase changes, critical points. Third Law.

Prerequisites

Calculus. Fundamental Physics.

Coordinator	Juan Pedro García Villaluenga		Dept.	EMFTEL
	Room	01.117.0	**e-mail**	jpgarcia@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	10	Mo,Tu Fr	9:00 – 10:30 9:00 – 11:00	Mohamed Khayet Souhaimi	Full term	69	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Mohamed Khayet Souhaimi	Tu: 11:00-14:00 + 3 h online, campus virtual and e-mail (M-Fr)	khayetm@fis.ucm.es	01.106.0

Syllabus

1.- Introduction and fundamental concepts.

Microscopic and macroscopic descriptions. Thermodynamic systems. Thermodynamic variables. Equilibrium. Changes in equilibrium states and processes.

2.- Temperature and the Zeroth Law of Thermodynamics.

Thermal equilibrium. Zeroth Law of Thermodynamics. Empirical temperature. Temperature scales.

3.- Phenomenological description of most common thermodynamics systems.

Thermodynamic equilibrium. Hydrostatic systems. Description of other simple systems.

4.- The concept of work in Thermodynamics.

Work in a hydrostatic system and in other simple systems. General equation of work.

5.- The First Law of Thermodynamics.

Adiabatic work. Internal energy function. Heat flow. First Law of Thermodynamics. Heat concept. Heat capacity. Illustrative applications of the first Law of Thermodynamics.

6.- The Second Law of thermodynamics.

Classical statements of the second Law of Thermodynamics. Entropy. Entropy and irreversibility. Principle of increase of entropy.

7.- Thermodynamic formalism of closed systems.

Fundamental equation of Thermodynamics. Entropy and internal energy representations. Equilibrium and stability in a homogeneous closed system.

8.- Alternative representations.

Thermodynamic potentials. Helmohltz and Gibbs functions. Maxwell' s relations. Equilibrium and stability in the alternative representations.

9.- Practical equations in Thermodynamics

Practical equations for the entropy, the internal energy and the thermodynamic potentials.

10.- Open systems

Second Law of Thermodynamics for open systems. Chemical potential. Fundamental equation and chemical potentials. Equilibrium conditions. Gibbs phase rule.

11.- Phase transitions

Classification of phase transitions. First-order phase transitions. Clausius-Clapeyron equation. Other phase transitions. Critical points.

12.- Third Law of Thermodynamics

Statements and consequences of the Third Law of Thermodynamics.

Bibliography

Basic:

- D. Kondepudi, I. Prigogine, *Modern Thermodynamics* (Wiley)
- M. W. Zemansky, R. H. Dittman, Heat and Thermodynamics (McGraw-Hill)
- C.J. Adkins, *Equilibrium thermodynamics* (McGraw-Hill)

Complementary:

- W. Greiner, L. Neise y H. Stöcker. *Thermodynamics and Statistical Physics* (Springer Verlag)
- M. Kardar. *Statistical Physics of Particles* (Cambridge University Press)
- Münster, *Classical Thermodynamics* (Wiley-Interscience)

Online Resources

Virtual campus
http://phet.colorado.edu/es/simulations/category/physics/heat-and-thermodynamics
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/estadistica.htm
http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html
http://entropysite.oxy.edu/

Methodology

The following formative activities will be developed:

* Theory lessons where the main concepts of the subject will be explained.

* Practical lessons involving resolution of exercises and supervised activities.

Students will be provided with a collection of exercises prior to their resolution in class.

Professor will receive students in the specified schedule of tutorials in order to solve doubts and expand concepts.

Evaluation Criteria

Exams	Weight:	70 %

There will be a practical final exam, consisting of solving problems and exercises, in which class notes and freely chosen books of theory can be used.

Other Activities	Weight:	30 %

The continuous evaluation activities will consist of problems and/or exercises delivered throughout the course individually and/or in group, and/or small individual tests carried out during the course.

Final Mark

The final grade (F) will be the best of the following two:

$F = 0.3\ A + 0.7\ E$ $F = E$

where A is the final grade for “Other Activities” and E is the final exam grade (both over 10).

To pass the course by applying the first equation, a minimum of 4 out of 10 will be required in the grade corresponding to the final exam.

The final grading criteria will be also maintained for the extraordinary session, as well as the corresponding grade for other activities.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Electromagnetism I		Code	800501	Year	2nd	Sem.	1st
Module	General Core	**Topic**	Classical Physics			**Character**	Obligatory

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	6	3.6	2.4
Semester hours	55	31	24

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To dominate the basic description of electromagnetic field generation by charges and currents and of the action of the fields on the charges.
- To learn and know how to use Maxwell's equations in their differential and integral form.
- To get knowledge of electromagnetic field energy and momentum concepts.

Brief description of contents

Electromagnetic and magnetostatic fields in vacuum and material medium. Time variable fields. Maxwell equations.

Prerequisites

Physical Fundamentals I and II. Mathematics, Calculus, Algebra (differential and integral calculus in one and multiple variables, matrices and determinants)

Coordinator	Carlos León Yebra		Dept.	FM
	Room	02.109.0	e-mail	carlos.leon@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	10	Tu, Th We	10:30 – 12:00 11:00 – 12:00	María Varela del Arco	Full term	43	T/E	FM
				Jorge Estrada Álvarez		12	T/E	FM

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	María Varela del Arco	Tu, W, Th 13:00-14:00 +3h On line	mvarela@ucm.es	03.117.0
	Jorge Estrada Álvarez	M, J: 10:00-13:00	jorgestr@ucm.es	02.213.0

Syllabus

1.- Scalar & vector fields. Coordinate systems. Gradient of a scalar field. Circulation and flux of a vector field. Divergence. Gauss' theorem. Curl. Stokes' theorem. Laplacian. Helmholtz theorem. Dirac delta function.

2.- Electrostatics in vacuum. Coulomb's law. Electric field & electric potential. Differential & integral formulations of the electrostatic field equations. Gauss' law. Conducting and dielectric matter. Multipole expansion of the potential outside a charge distribution. Electric dipole.

3.- Electrostatic fields in matter. Electric polarization, **P**. Polarization bound charges. The electric displacement, **D**. Constitutive relations. Electric susceptibility and permittivity. Boundary conditions on E, D at the boundary between two dielectrics. Electrostatic energy. Electric forces on dielectrics.

4.- Magnetostatics in vacuum. Electric current in a conductor. Current density & continuity equation. Ohm's law and electromotive force. Magnetic field, **B**. Biot-Savart law. Ampère's law. Differential & integral formulations of the magnetostatic field equations. The magnetic vector potential. The magnetic scalar potential.

5.- Magnetostatic fields in matter. Magnetization, **M**. The field produced by magnetized matter. Magnetization bound currents and magnetic charges. General form of Ampère's law: **H** vector field. Constitutive relations. Magnetic susceptibility. Boundary conditions on **B**, **H**.

6.- Electromagnetic fields & Maxwell equations. Faraday-Lenz law. Mutual induction and self-induction. Magnetostatic energy. Magnetic forces. Displacement current. Maxwell equations. Electromagnetic energy. Poynting vector. Poynting's theorem. Electromagnetic moment.

Bibliography

Basic:

- Griffiths, D.J.: *Introduction to Electrodynamics* (3rd. Edition). Prentice Hall International (1999).

Complementary:

- Reitz, J. R.; Milford, F. J. y Christy, R. W.: *Foundations of Electromagnetic Theory*. 4th Ed. Addison-Wesley (1993).
- Wangsness, R. K.: *Campos Electromagnetic Fields*. 2nd Ed. Wiley (1986).
- Zangwill, A.: *Modern Electrodynamics.* Cambridge University Press (2013).
- Sánchez Quesada, F., Sánchez Soto, L. L., Sancho Ruiz, M., y Santamaría, J.: *Fundamentos de Electromagnetismo*. Síntesis, Madrid (2000).
- Purcell, E.M. & D. J. Morin: *Electricity and Magnetism* 3rd Ed. Cambridge University Press (2013).
- Fleisch, D.: *A student's guide to Maxwell's equations*. Cambridge University Press, Nueva York (2008).
- Lorrain, P y Courson, D. R.: *Electromagnetic Fields & Waves*. 2nd Ed. W. H Freeman (1970).
- Pramanik, A.: *Electromagnetism. Problems with Solutions*. PHI Learning Private, Ltd. Nueva

Delhi, 2012.
- López, E. y Núñez, F.: *100 problemas de Electromagnetismo*. Alianza Editorial, Madrid (1997).
- López Rodríguez, V.: *Problemas resueltos de Electromagnetismo*. Fundación Areces, Madrid (2003).
- Fernandez, A.G.: *Problemas de campos electromagnéticos*. McGraw-Hill (Serie Schaum), Madrid (2005).

Online Resources

Relevant course materials will be made available online through the Virtual Campus

Methodology

Classroom activities will include both theory lessons (where the main concepts of the subject will be explained, including examples and applications) and practical classes of problems and directed activities.

Both the blackboard and computer projections will be used in theory classes. Occasionally, these lessons will be complemented by classroom experiences, or computer simulations and virtual practices, etc. These basic activities will aim at illustrating the studied subject.

Students will receive the problem sheets in advance. As part of the continuous assessment, students will have to periodically deliver resolved problems and / or specific assignments.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	80%

The final exam will consist of a part of theoretical-conceptual-practical questions and a second part of problems (similar to those solved in class). For the problems part a theory book can be used, freely chosen by the student.

Other Activities	**Weight:**	20%

Occasional tests will be carried out in class. Also, students will turn in homework assignments individually, consisting of problems, exercises, etc.

Final Mark

The final grade CF will be given by the formula:

CF = max{0.2*A + 0.8*E, E} where E is the final exam score and A the final score of other activities.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Mathematical Methods I				Code	800504	Year	2nd	Sem.	1st
Module	General Core	Topic	Mathematical Methods in Physics			Character	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	6	3.5	2.5
Semester hours	55	30	25

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To analyze and solve ordinary differential equations and linear systems of ordinary differential equations
- To understand the concept of complex variable analytic function and to learn its fundamental properties. To learn to use the residue theorem for integral calculus.

Brief description of contents

Ordinary differential equations. Systems of ordinary differential equations. Functions of a complex variable.

Prerequisites

Calculus with functions of one and various real variables. Linear algebra.

Coordinator	Luis Javier Garay Elizondo		Dept.	FT
	Room	02.315.0	e-mail	luisj.garay@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	10	Tu We Fr	12:00 – 13:00 12:00 – 13:30 11:00 – 12:30	Federico Finkel Morgenstern	Full term	55	T/E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Federico Finkel Morgenstern	First semester: Tu: 14:30-16:30 Th: 11:00-13:00 14:30-16:30 Second semester: Mo, We: 12:00-13:00 14:30-16:30	ffinkel@fis.ucm.es	02.311.0

Syllabus

ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS

1. **Introduction to ordinary differential equations and systems of ordinary differential equations**. Solutions. Basic integration methods for first order equations. Existence and uniqueness of solutions.
2. **Linear equations.** Second order linear equations. Homogeneous equations. Nonhomogeneous equations. Method of variation of constants. Equations with constant coefficients. Higher order linear equations.
3. **Linear systems.** Homogeneous systems. Nonhomogeneous systems. Method of variation of constants. Systems with constant coefficients. Matrix exponential.

COMPLEX VARIABLE

1. **Analytic functions.** Definition and algebraic properties of complex numbers. Elementary functions. Differentiability. Cauchy–Riemann equations.
2. **Cauchy theorem.** Contour integrals. Cauchy theorem. Cauchy integral formula and its consequences.
3. **Series.** Power series. Taylor theorem. Laurent series. Laurent theorem. Classification of isolated singular points.
4. **Residues.** Residue theorem. Methods for calculating residues. Evaluation of definite integrals using residues.

Bibliography

- Boyce, W.E., DiPrima, R.C., Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, 11th ed., Wiley, 2016.
- Marsden, J.E., Hoffman, M.J., Basic Complex Analysis, 3rd ed., Freeman, 1999.
- Simmons, G.F., Differential Equations with Applications and Historical Notes, 3rd ed., Chapman and Hall/CRC, 2016
- Spiegel, M.R., Schaum's Outline of Complex Variables, 2nd ed., McGraw-Hill, 2009

Online Resources

- Diverse teaching material shall be available at the "Campus Virtual"

Methodology

• Theory lectures to present and explain the subject's concepts, with examples and applications (2.5 hours per week approx.)

• Problem-solving sessions (1.5 hours per week approx.)

Both types of sessions will be carried out mostly in the blackboard although the lecturer may also use other tools including, for instance, computer presentations.

• Individual tutorials to sort out questions or clarify concepts with the aim of explaining and solving doubts.

• Handouts will be available prior to the corresponding problem-solving sessions, together with other teaching material at the "Campus Virtual".

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
Final exam.		
Other Activities	**Weight:**	30%
Problems and exercises evaluated by means of a test or by presenting their solution in the classroom.		
Final Mark		
If the final exam score is higher than 4.0, then the final mark FM obtained by the student will be calculated using the following formula: $$FM = \max(E, 0.7\,E + 0.3\,A),$$ where E and A are the marks in the final exam and in the other activities, respectively, both in the range 0-10.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Optics				Code	800500	Year	2nd	Sem.	2nd
Module	General Core	Topic	Classical Physics			Character	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	7.5	4.5	3
Semester hours	69	39	30

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

1. To get knowledge of the polarized light representations.
2. To understand light propagation in homogenous medium.
3. To understand the coherence concept.
4. To get knowledge of interference and diffraction processes and fundaments in interferometers and diffraction grating.

Brief description of contents

Polarization and electromagnetic waves in vacuum. Light propagation in homogeneous medium. Coherence. Interference. Interferometers. Scalar Diffraction Theory. Resolution power. Diffraction granting.

Prerequisites

Algebra. Calculus. Physics Fundamental.

Coordinator	Gemma Piquero Sanz		Dept.	OP
	Room	01.312.0	e-mail	piquero@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	19	Mo,Tu, Fr	10:30 – 12:00 10:00 – 12:00	Luis Lorenzo Sánchez Soto	Full term	69	T/E	OP

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Grupo	**Professor**	**Schedule**	**e-mail**	**Location**
B	Luis Lorenzo Sánchez Soto	X:16:00-18:00	lsanchez@ucm.es	01.306.0

Syllabus

1. **Electromagnetic waves in vacuum.** General solution to Maxwell's equations in vacuum. Spherical and plane harmonic waves. Poynting's vector, irradiance, and time averaging. Complex representation and polarization states of light. Polarizers and Malus law. Jones representation.

2. **Classical microscopic theory for light-matter interaction.** The Lorentz oscillator model. Light scattering and polarization.

3. **Light propagation through material media.** Optically dilute and dense media. Solutions of the macroscopic Maxwell equations. Constitutive relations. Optically transparent and absorbing materials.

4. **Propagation through homogeneous and isotropic media.** Microscopic model for the refractive index in dielectrics and conductors. Complex refractive index and complex wave vector. Absorption and attenuation vector. Dispersion relations.

5. **Reflection and transmission of light at media interfaces.** Boundary conditions. Fresnel equations. Reflectance and transmittance. Polarization (Brewster) angle. Total internal reflection. Evanescent waves.

6. **Interference and introduction to the coherence theory of light.** Superposition of light pulses, coherence length, and coherence time. Young, Michelson, and Fabry-Pérot interferometers. Fringe visibility and resolving power.

7. **Scalar diffraction theory of light.** The Huygens-Fresnel principle. Fresnel and Fraunhofer approximations. Diffraction patterns generated by different apertures. Babinet's principle. Resolving power of optical instruments.Diffraction gratings and spectral resolving power. Introduction to spatial frequency filtering.

Bibliography

Reference book:

A. Ghatak, Optics, McGraw-Hill Higher Education (2010), International Edition.

Equivalent reference books:

G. R. Fowles, Introduction to Modern Optics, Dover (1989).

R. Guenther, Modern Optics, John Wiley & Sons (1990).

Supplementary:

I. G. Main, Vibration and Waves in Physics, Cambridge University Press (1993), 3rd Edition.

M. Born and E. Wolf. Principles of Optics, Cambridge University Press (1999), 7th (expanded) Edition.

Online Resources

- Teaching material (notes, presentations, videorecordings, web links with pedagogical interest, etc.) used in theory lectures and practice sessions will be made available through the Virtual Campus.

- Online tutoring/mentoring, either individual or group sessions, with the format of video conferences

(through Microsoft Teams, Google Meet, Zoom) upon prior appointment, or by email.

Methodology

The course includes the following training activities:

- Theory lectures, where the contents of the course will be presented and discussed, illustrated by means of examples and applications.
- Practice sessions, aimed at problem solving and where teaching experiences may also be delivered, as well as other activities, e.g., focused discussions, oral presentations, etc.
- Tutorials, aimed at discussing and solving technical questions either at a personal level or in small groups.

In the classroom, the teacher may make use of the blackboard, multimedia resources (e.g., projected presentations), computer simulations, etc.

The Virtual Campus will be used to promote and support both the contact and the exchange of information with students.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	55 %

Final mark for the Exams section: N_{Exam}, ranging from 0 to 10.

A written final exam will be given covering the entire course material, with two separate parts:

- a first part consisting of a test or short questions (N_{ExamF1} mark, between 0 and 10)
- a second part consisting of problem-solving (N_{ExamF2} score, between 0 and 10)

Other Activities	**Weight:**	45 %

Along the term, there might be one or two handwritten midterm control tests within teaching hours ($N_{OtrasActiv_PP}$ = average of the partial control tests, between 0 and 10), as well as other supplementary activities, such as delivery of selected problems or questions suggested by the teacher, programmed tasks to be submitted through the Virtual Campus, etc. ($N_{OtherActiv_Compl}$, between 0 and 10).

Final Mark

Final mark:

$$C_{Final} = 0.55\ N_{ExamF2} + \max\{0.45\ N_{ExamF1},\ 0.35\ N_{OtherActiv_PP} + 0.1\ N_{OtrasActiv_Compl}\}$$

Minimum final exam mark for weighting: No

The final grading criteria will be the same for the extraordinary session, as will the grades for other activities.

If $N_{OtrasActiv_PP} \geq 5$, it is not mandatory to take the final exam consisting of multiple choice tests or short questions F1, although you may do so if you wish to improve your mark.

The $N_{OtrasActiv_PP}$ and $N_{OtrasActiv_Compl}$ marks for the July extraordinary call will be the same as those obtained in the June call.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Electromagnetism II				Code	800502	Year	2nd	Sem.	2nd
Module	General Core	Topic	Classical Physics			Character	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	6	3.6	2.4
Semester hours	55	31	24

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To get basic knowledge of electromagnetism radiation emission mechanisms.
- To get knowledge of electromagnetic field energy and momentum concepts.
- To understand the relation between electromagnetism and theory of relativity.

Brief description of contents

Electromagnetic potentials. Electromagnetic waves. Radiant systems. Relativist formulation.

Prerequisites

Electromagnetism I. Mathematics, Calculus, Algebra.

Coordinator	José Miguel Miranda Pantoja		Dept.	EMFTEL
	Room	03.102.0	e-mail	miranda@fis.ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	19	Tu, Th	12:00 – 14:00	Norbert Nemes	Full term	55	T/E	FM

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Norbert Nemes	Tu: 8:00-11:00 Fr: 9:00-12:00 On line	nmnemes@fis.ucm.es	03.119.0

Syllabus

1.- Fundamentals

Phasor representation. Differential, integral and phasor formulation of Maxwell equations. Constitutive relationships. Boundary conditions. Electromagnetic potentials. Wave equation. Quasi-static approach.

2.- Boundary problems: static fields

The boundary problem in electrostatics. Uniqueness theorem. Reciprocity theorem. Method of images. Separation of variables.

3.- Monochromatic plane waves

Harmonic fields. Monochromatic plane waves. Propagation in dielectrics and conductors. Reflection by conductive surfaces. Energy and moment of electromagnetic waves. Radiation pressure.

4.- Guided waves

Confinement in propagating electromagnetic waves. Rectangular waveguides. TE and TM Modes. TEM modes. Resonant cavities.

5.- Radiation

Retarded potentials. Liénard-Wiechert potentials. Velocity and acceleration fields. Accelerated charges in free space: equations of movement, fields. Radiation generated by currents in conductors. Dipole radiation. Radiant systems.

6.- Electromagnetism and relativity

Lorentz transformations. Space-time structure: interval, light cone, invariant. Four-vectors (position, velocity, moment...). Relativistic electrodynamics: four-current. Four-potential. The magnetic field as a relativistic effect. Transformations of the fields. Electromagnetic tensor.

Bibliography

[1] RP Feynman, RB Leighton y M Sands, “The Feynman Lectures on Physics, New Millennium Edition Vol. II: Mainly Electromagnetism and Matter”, Caltech, (2010). https://www.feynmanlectures.caltech.edu/info/

[2] DJ Griffiths, “Introduction to Electrodynamics”, 5ª Ed., Cambridge University Press, (2023).

[3] P Lorrain, D Corson, F Lorrain, “Electromagnetic Fields and Waves”, 3ª Ed., Freeman and Co., (1988).

[4] MH Nayfeh, MK Brussel, “Electricity and Magnetism”, Dover Publications, (2015).

[5] DM Pozar, "Microwave Engineering", 4ª Ed., Wiley, (2021).

[6] JR Reitz, FJ Milford, RW Christy, “Foundations of Electromagnetic Theory”, Addison-Wesley, 4ª Ed., (2008).

[7] MNO Sadiku, “Elements of Electromagnetics”, 3ª Ed. OUP USA, (2000).

[8] F Sánchez, LL Sánchez, M Sancho, J Santamaría, “Fundamentos del Electromagnetismo”, Síntesis, (2000).

[9] RK Wangsness, “Campos Electromagnéticos”, Limusa, (2006).

[10] A Zangwill, “Modern Electrodynamics”. Cambridge University press, (2013).

Online Resources

Course materials will be provided at the Campus Virtual of the UCM.
“Fundamentals of Applied EM”, https://www.youtube.com/channel/UCn-0FOjOLbuSZq7PkJUmzqg

Methodology

The following training activities will be developed:

- Theory lessons (lectures) where most of the main concepts will be explained, including examples and applications.
- Problem-solving practical lessons.

In theory lessons both the board and slides will be used. Sometimes these lessons will be complemented with computer simulations and virtual experiments.

The problems of each lesson will be delivered to the students before their solving in the classroom. Also, briefings and documents of some special subjects will be distributed.

Short tests, solved problems and short classroom seminars will be considered as a part of the continuous assessment.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	80%

Final mark for the Exams section: N_{Exam}, between 0 and 10.

Final exam, with a part of questions and another of problems

Other Activities	**Weight:**	20%

Up to 2 points will be granted by completing continuous assessment activities such as: tests, interactive in-class quizzes, hand-in exercises, short individual exercises completed during class, or by accrediting other merits that demonstrate good learning achievements on the course topics.

The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.

Final Mark

The final mark will be obtained from the following equation:

$$C_{Final} = 0.8N_{Exam} + 0.2N_{OtherActiv}$$

The final mark criterion, as well as the mark corresponding to other activities, will be maintained in the exam of the extraordinary call.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Quantum Physics I		Code	800503	Year	2nd	Sem.	2nd
Module	General Core	**Topic**	Classical Physics			**Character**	Obligatory

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	6	3.5	2.5
Semester hours	55	30	25

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To acquire the concept of wave function and the basics on the quantum phenomena description by the Schrödinger equation.
- To solve one and three-dimensional problems with spherical symmetry (hydrogen atom and harmonic oscillator)

Brief description of contents

Origin and experimental basis of Quantum Physics. Mathematical formalism: states and observables. Schrödinger's equation: one and three-dimensional potentials. Harmonic oscillator and hydrogen atom.

Prerequisites

Mathematical concepts learned in Algebra and Calculus and Mathematical Methods I. Physical concepts learned in Classical Mechanics and Electromagnetism I.

Coordinator	José Alberto Ruiz Cembranos		Dept.	FT
	Office	03.310.0	**e-mail**	cembra@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/P	Dept.
B	19	Mo, Tu Fr	9:00 – 10:30 9:00 – 10:00	Artemio González López	Full Term	55	T/P	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Artemio González López	Tu, Th 11:00-13:00 + 2 hours online	artemio@fis.ucm.es	02.0307.0

Syllabus

1. Experimental bases of quantum mechanics. Black body radiation and Planck's hypothesis. The photoelectric effect. Compton scattering. Bohr's atomic model. De Broglie's matter waves. Wave-particle duality. The double slit experiment.

2. The Schrödinger equation. The wave function and its probabilistic interpretation. Schrödinger's wave equation. The continuity equation. Expectation values of dynamical variables and Ehrenfest's theorem. Self-adjoint operators and observables. Eigenfunctions and eigenvalues. The momentum representation. Wave packets. Heisenberg's uncertainty principle.

3. One-dimensional problems. The time-independent Schrödinger equation. Stationary states. Bound and scattering states. Potential wells and barriers. Reflection and transmission coefficients. The tunnel effect. The spectrum of a general one-dimensional potential.

4. The formalism of quantum mechanics. Hilbert spaces. Quantum states. Dirac's notation. Measurements and probability. Time evolution and conserved quantities. Compatible observables.

5. The one-dimensional harmonic oscillator. Solution by power series and Hermite polynomials. Spectrum and wave functions for bound states. Creation and annihilation operators. Algebraic solution.

6. Three-dimensional problems. Separation of variables in Cartesian coordinates. The infinite well and the harmonic oscillator. Central potentials. Separation of variables in spherical coordinates. Angular momentum and spherical harmonics. Radial equation. The infinite spherical well. Hydrogen-like atoms: bound state energies and wave functions. The isotropic harmonic oscillator.

Bibliography

Basic:
1. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloë, Quantum Mechanics, vol. 1, 2nd ed. Wiley-Blackwell, Berlin, 2019.
2. D. J. Griffiths, Introduction to Quantum Mechanics, 3rd ed. Cambridge University Press, Cambridge (UK), 2018.
3. C. Sánchez del Rio (coord.), Física Cuántica, 7ª ed. Pirámide, Madrid, 2020.
4. L. E. Schiff, Quantum Mechanics, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, 1968.

Complementary:
1. F. Constantinescu and E. Magyari, Problems in Quantum Mechanics. Pergamon Press, London, 1971.
2. S. Flügge, Practical Quantum Mechanics. Springer, Berlin, 1999.
3. L. D. Landau, E. M. Lifshitz, Quantum Mechanics (Non-relativistic Theory), 3rd ed. Pergamon, Guildford (UK), 1977.
4. A. Messiah, Quantum Mechanics. Dover, New York, 1994.
5. R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, 2nd ed. Springer, New York, 2008.
6. S. Weinberg, Lectures on Quantum Mechanics, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge (UK), 2015.
7. I. I. Goldman, V. D. Krivchenkov. Problems in Quantum Mechanics. Nueva York 1993. Ed. Dover.
8. A. Galindo, P. Pascual. Mecánica Cuántica. Madrid 1999. Eudema.

Online Resources

Course related material and announcements will be regularly posted in UCM's "Campus Virtual".

Methodology

Lectures will consist of theoretical explanations (including worked out examples) and problem solving sessions. The corresponding problems will be handed out to the students in advance through UCM's "Campus Virtual" at the beginning of each chapter.

The instructor will answer both theoretical and problem-related questions from the students during his office hours.

Student participation during the lectures and attendance in the office hours will be strongly encouraged.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
Final mark for the Exams section: N_{Exam}, between 0 and 10. The final exam will consist of a number of practical problems and/or theoretical questions similar in difficulty to those solved during the lectures.		
Other Activities	**Weight:**	30%
A written test may be taken in the middle of the course. If the progress of the syllabus and the available time allow it, it is up to the instructor to decide whether to include additional activities, such as presentations, in-class questions,... The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.		
Final Mark		
Final mark: $$C_{Final} = \max (0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtherActiv} , N_{Exam})$$ Minimum final exam mark to apply weighting: $N_{Exam} \geq 3.5$. The final mark criteria, as well as the mark for other activities, will be maintained in the exam of the extraordinary call.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2024-25)

Mathematical Methods II		Code	800505	Year	2nd	Sem.	2nd
Module	General Core	**Topic**	Mathematical Methods in Physics	**Character**	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	6	3.5	2.5
Semester hours	55	30	25

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To use basic partial differential equations in Physics, to know their scope and to dominate fundamental techniques to obtain solutions.
- To learn Fourier analysis methods and its applications to differential equations.
- To get knowledge of most of the special functions used in Physics and their physical properties.

Brief description of contents

Partial differential equations. Fourier series and transformations. Boundary problem resolution. Special functions.

Prerequisites

Calculus on one and various variables functions. Linear ordinary differential equations.

Coordinator	Federico Finkel Morgenstern		Dept.	FT
	Room	02.311.0	**e-mail**	ffinkel@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	19	Mo Th	12:00 – 14:00 10:00 – 12:00	Carmelo Pérez Martín	Fulm term	55	T/E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Carmelo Pérez Martín	Mo, We: 15:00-18:00	carmelop@fis.ucm.es	03.0316.0

Syllabus

1. Introduction to partial differential equations (PDEs). First order PDEs. Second order linear PDEs. Boundary and initial value problems. The equations of Mathematical-Physics. The wave equation.

2. Series solutions for second order linear ODEs and special functions. Regular point and regular singular points. Hermite, Legendre and Bessel equations.

3. Boundary value problems for ODE. Fourier series and Fourier transform. Eigenvalues and eigenfunctions. Sets of orthogonal functions. Eigenfunction series expansions. Fourier trigonometric series. Convergence. Inhomogeneous problems. Fourier transforms.

4. EDP: method of separation of variables and eigenfunction expansion method. Homogeneous and non-homogeneous problems for the equations of Mathematical Physics (heat, wave, Laplace, Schrödinger, ...). Cartesian, polar, cylindrical and spherical coordinate problems.

Bibliography

Basic:

- Partial Differential Equations: An Introduction, Walter A. Strauss. John Wiley & Sons
- Introduction to Partial Differential Equations, Peter Olver. Sringer 2016.
- *Applied Partial Differential Equations with Fourier Series and Boundary Value Problems.* Richard Haberman. Pearson Education Limited (2013).
- *Boyce's Elementary Differential Equations and Boundary Value.* William E. Boyce, Richard C. DiPrima, Douglas B. Meade. John Wiley & Sons Inc (2017).

Complementary:

- *Partial Differential Equations*, Peter J. Olver, Springer
- *Fourier Series.* Georgi Tolstov. Dover
- *Ecuaciones Diferenciales II*. Manuel Mañas Baena y Luis Martínez Alonso.(http://eprints.ucm.es/31464/1/Manuel.pdf

Online Resources

We will use the UCM's Moodle facility (Campus Virtual)

Methodology

We will follow the material uploaded to the Moodle platform. In particular, The professor lecture notes. The classes will be divided in theoretical and practical, solving in these last ones' exercises from the professor lecture notes.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	65%

Final mark for the Exams section: N_{Exam}, between 0 and 10.

The final exam (ordinary or extraordinary) consists in the resolution of a number of practical problems that the student must solve using the knowledge learned throughout the course.

In order to apply the marks obtained in other activities the mark N_{Exam} must be bigger than 4.

Other Activities		
	Weight:	35%

Continuous evaluation activities of any of these types will be carried out:

• Delivery of problems throughout the course individually or in groups.

• Individual realization of evaluable problems during class hours.

The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.

Final Mark

Final mark:

$$C_{Final} = \max \{0.65\ N_{Exam} + 0.35\ N_{OtherActiv},\ N_{Exam}\}$$

Minimum mark on the final exam for weighting: $N_{Exam} \geq 4$.

The final mark criterion, as well as the mark corresponding to other activities, will be maintained in the exam of the extraordinary call.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Physics Laboratory II		Code	800506	Year	2nd	Sem.	Annual
Module	General Core	Topic	Physics Laboratory	Character	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	7,5	1,4	6,1
Hours	89,5	13,5	76

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To acquire knowledge of principles, analysis techniques, measurement instruments and experimental phenomena of interest in Thermodynamics, Mechanics and Waves, Electricity and Magnetism, and Quantum Physics.
- To acquire the skill in handling measuring devices and instrumentation.
- To evaluate the limits of measurement methods due to interference, to the simplicity of the models and from effects that are neglected in the method of measurement.
- To be capable to prepare a report and to document a measurement process in respect to the fundamental principles, the required instrumentation and the results presentation.
- To analyze the obtained experimental results and to draw conclusions using statistical techniques.

Brief description of contents

Laboratories of Thermodynamics, Mechanics and Waves, Electricity and Magnetism, Quantum Physics. Data treatment techniques. Basic statistics.

Prerequisites

Energy conservation, rigid body rotation, waves on strings, interference of waves, diffraction of waves, stationary waves, oscillatory movement, and dispersive media.

Heat and temperature: Temperature and thermal equilibrium. Ideal gas law. Specific heat. First law of Thermodynamics. Adiabatic processes in an ideal gas. Second law of Thermodynamics.

Direct and alternating current. Resistors and capacitors. Biot-Savart and Faraday laws.

Planck hypothesis about light emission and absorption. Photoelectric effect. Photons. Discrete energy levels spectrum. Bohr atomic model.

It is recommended to be studying Thermodynamics, Classical Mechanics and Quantum Physics I.

Coordinators	Mohamed Khayet Souhaimi Loreto García Fernández			**Dept.**	EMFTEL
	Room	01.106.0, 1st Floor, East 01.108.0, 1st Floor, East	**e-mail**	khayetm@fis.ucm.es loreto.garcia@ucm.es	
	César Gonzalez Víctor Rouco Gómez			**Dept.**	FM
	Room	02.103, 2nd Floor, East 03.249,3rd Floor, Central	**e-mail**	cesar.gonzalez@ucm.es vrouco@ucm.es	

Theory – Schedule and Teaching Staff						
Group	**Lecture Room**	**Day**	**Time**	**Professor**	**Hours**	**Dept.**
B	10	(sem.1) Mo, Th	12:00-13:30 12:00-13:30	Mohamed Khayet Souhaimi	3	EMFTEL
				Loreto García Fernández	3	EMFTEL
	19	(sem.2) Th	8:30-10:00	Andrey Malyshev Víctor Rouco Gómez	4.5	FM
		Fr	12:00-13:30	Fabián A. Cuéllar J.	1.5	FM

Theory (Computer Session) – Faculty details			
Group	**Professor**	**Hours**	**Dept.**
B1	Loreto García Fernández	1,5	EMFTEL
B2	Sergio Díaz de Luz	1,5	EMFTEL

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Mohamed Khayet Souhaimi	Tu: 11:00-14:00 (+ 3h online, campus virtual or email)	khayetm@fis.ucm.es	01.106.0
	Loreto García Fernández	1st semester: Tu, We: 12:30-14:00 +3h online 2nd semester: Mo: 12:30-14:00, Th (10:00-11:30) (+ 3h online)	loreto.garcia@ucm.es	01.108.0
	Andrey Malyshev	Mo: 10:30 – 13:30 Th: 10:30 – 13:30	a.malyshev@fis.ucm.es	02.126
	Víctor Rouco Gómez	Mo: 9.30-11.00 (+3h online)	vrouco@ucm.es	03.249.0
	Fabián A. Cuéllar J.	L. 15:00-18:00. (+3h online)	f.cuellar@fis.ucm.es	03.250.0

Laboratories – Groups in English and Teaching staff			
Group	**Professor**	**Dpto**	**e-mail**
L13	José Miguel Miranda Pantoja (Thermo.)	EMFTEL	miranda@ucm.es
	Ándrey Malyshev (1st semester. M&W)	FM	a.malyshev@ucm.es
	Charles Creffield (2nd semester. M&W)	FM	c.creffield@fis.ucm.es
	Nevenko Biskup (E&M)	FM	nbiskup@pdi.ucm.es
	Laura Martínez Maestro	OP	lmmaestro@ucm.es
L14	Bárbara Díaz Cañadas (1st semester Thermo.)	EMFTEL	barbdi01@ucm.es
	Adithiya Dinesh (2nd semester Thermo.)	EMFTEL	adinesh@ucm.es
	Ándrey Malyshev (1st semester. M&W)	FM	a.malyshev@ucm.es
	Charles Creffield (2nd semester. M&W)	FM	c.creffield@fis.ucm.es
	Rainer Schmidt (E&M)	FM	rschmidt@ucm.es
	Laura Martínez Maestro	OP	lmmaestro@ucm.es

Laboratories in English- Schedule: Dates and Hours		sessions	21
Group	**Dates**	**Hours**	**Lab**
L13	Sep. 23rd/25, Sep. 30th/25, Oct. 07th/25, Oct. 14th/25	15:00-18:00	Thermo
	Oct.21nd/25, Oct.28th/25, Nov.04th/25, Nov.11th/25	15:00-19:00	M&W
	Feb. 10th, 17th and 24th	15:00-19:00	E&M
	Feb.3th/26, Mar. 10th/26, Mar.17th/26	15:00-19:00	M&W
	Mar. 24th/26, Apr. 07th/26, Apr. 14th/26, Apr. 21st/26, Apr. 28th/26	15:00-19:00	Thermo
	Feb.4th and Feb. 25th	15:00-17:00	QP
L14	Oct. 22nd/25, Oct. 29th/25, Nov. 05th/25, Nov. 12th/25	15:00-18:00	Thermo
	Sep. 24th/25, Oct. 1nd/25, Oct. 08th/25, Oct. 15th/25	15:00-19:00	M&W
	Feb. 11th, 18th and 25th	15:00-19:00	E&M
	Mar. 4th/26, Mar. 11th/26, Mar.18th/26	15:00-19:00	M&W
	Mar. 25th/26, Apr. 08th/26, Apr. 15th/26, Apr. 22nd/26, Apr. 29th/26	15:00-19:00	Thermo
	Feb. 13th and Feb. 27th	15:00-17:00	QP

IMPORTANT NOTICE: Inscription of students in the various laboratory groups (including L13 and L14) is only possible through the UCM online registration system. Two laboratory groups in English are currently scheduled, with a limited number of places. In case these groups are filled up, students should register in one of the Spanish groups (L01-L12, see '*Laboratorio de Física II*'). Their laboratories will be evaluated in Spanish, even if they belong to Group B.

Students not belonging to Group B are kindly requested not to register into the laboratory English groups (L13 and L14), giving Group B students priority

Notice for students of the double degree

In the first semester, the double degree students of the group A will attend the theory classes of groups C or E.

In the second semester, ALL students of the double degree will attend the theory classes of the group where they are registered, except for the E&M class that will be done separately.

IMPORTANT NOTICE FOR STUDENTS REPEATING THE YEAR

Repeating students who have passed ALL the laboratory courses MUST register in LABORATORY GROUP L18.

Marks obtained in laboratory courses in the academic year 2024-2025 will be retained for 2025-2026 (just for a single academic year).

General Observations on the laboratory sessions:

- *In some cases, the laboratory report on the practical will be handed in at the end of the same session.*
- *Part of the laboratory session will be devoted to the discussion of the results obtained in the session, as well reports handed in previously.*
- *In Quantum Physics the laboratory work will be monitored in each session.*
- ***BECAUSE OF THE NEEDS OF THE CALENDAR, THE QUANTUM PHYSICS PRACTICALS WILL BE ON A DIFFERENT DAY OF THE WEEK FROM THE USUAL ONE.***

Notation used in the tables for the laboratories:

Thermo: Laboratory of Thermodynamics. Basement.
M&W: Laboratory of Mechanics and Waves. Basement, east wing (105).
E&M: Laboratory of Electricity and Magnetism. Basement, central block (204).
QP: Laboratory of Quantum Physics.

Syllabus. Theoretical classes. Fall Semester

1. Temperature and thermal equilibrium. Thermometric scales.
2. Calorimetry. Specific heat of gases, liquids and solids.
3. Enthalpy of vaporization.
4. Law of the conservation of energy. Total mechanical energy, kinetic energy and potential energy.
5. Rotational movement of a rigid body. Precession and nutation of a gyroscope.
6. Coupled oscillators. Normal modes of oscillation.
7. Stokes viscometer. Terminal velocity.

Syllabus. Theoretical classes. Spring Semester

1. Data analysis. Non-linear curve fitting. The *solver* algorithm of MS-Excel.
2. First order phase transitions. The Clausius-Clapeyron equation.
3. Real gases. Critical points.
4. Thermal expansion.
5. Thermal conductivity.
6. Propagation of surface waves in water.
7. Acoustic waves. Interference.
8. Stationary waves on a string. Harmonics.
9. Revision of alternating current.
10. Discrete and continuous probablilities. Probability distributions.

Syllabus. Laboratory Sessions (Thermodynamics)	**Sessions**
1. Calibration of a thermometer	1
2. Adiabatic index of gases	1
3. Specific heat of liquids	1
4. Enthalpy of vaporization of liquid nitrogen	1
5. Specific heat of solids	1
6. Isotherms of a real gas	1
7. Water vaporization curve and its enthalpy of vaporization	1
8. Thermal expansion coefficient of solids and liquids	1
9. Thermal conductivity of solids	1
Syllabus. Laboratory Sessions (Mechanics & Waves)	**Sessions**
1. Maxwell's disc	1
2. Stokes viscometer	1
3. Moments of inertia and angular momentum. Three-axis gyroscope	1
4. Coupled pendulums	1
5. Ripple tank	1
6. Quincke's tube": interferometry of acoustic waves	1
7. Vibrations on a string: stationary waves	1
Syllabus. Laboratory Sessions (Electricity & Magnetism)	**Sessions**
1. Electrical measurements	1
2. Use of the oscilloscope: RC circuits	1
3. Biot-Savart's laws and electromagnetic induction	1
Syllabus. Laboratory Sessions (Quantum Physics) **(only 2 experiences among the following list will be done. 2 per session)**	**Sessions**
1. Blackbody radiation: Stefan-Boltzman law	1

2. Franck-Hertz experiment	1
3. Balmer's spectral lines	1
4. Sodium visible spectrum	1
5. Brownian motion	1
6. Paramagnetic spin resonance	1
7. Photoelectric effect	1

Bibliography

Basic

- *Introducción a la Termodinámica,* C. Fernández-Pineda y S. Velasco. Ed. Síntesis (2009).
- *Termodinámica*, J. Aguilar. Ed. Pearson Educación (2006).
- *Física. Vol. 1. Mecánica.* M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1999).
- *Física. Vol. 2. Campos y Ondas.* M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1998).
- *Física. Vol. 3. Fundamentos Cuánticos y Estadísticos.* M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1986).
- *Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias*, J. Gorgas, N. Cardiel y J. Zamorano (available at: http://www.ucm.es/info/Astrof/user/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf)

Complementary

- *Termodinámica*, H.B. Callen. Ed. AC (1985).
- *Termodinámica*, C. Fernández-Pineda y S. Velasco. Ed. Ramón Areces (2009).
- *Berkeley Physics Course. Volumen 1. Mecánica.* Kittel. Ed. Reverté (2005).
- *Berkeley Physics Course. Volumen 3. Ondas.* Crawford. Ed. Reverté (2003).

Online Resources

This course has a dedicated site at the UCM intranet (Campus Virtual)
Links to additional online resources can be found on the Campus Virtual site

Methodology
The course has classroom lectures during the first weeks of each semester, and laboratory sessions. The lectures will deal with Experimental Thermodynamics, Mechanics and Waves, Electricity and Magnetism, as well as basic statistics and data analysis. Students in pairs will perform practicals in the various laboratories. These pairs will be maintained the same for all Laboratories throughout the academic year. The guides to the different laboratory practicals will be available to students in advance at the UCM Virtual Campus. Students are expected to read and carefully study these guides before each laboratory session. In all laboratory sessions there will be a Professor to help the students (further explanations of the experiments, doubts, results, etc.).

Grading: THERMODYNAMICS		
Exams	**weight:**	30%
There is a written thermodynamics final exam at the end of each semester on everything seen in the Theory, Computer session and Laboratories sessions. No equation list will be given in the exam and only a non-programmable calculator can be used.		
Other activities	**weight:**	70%
Laboratory experiments. Attendance at theoretical sessions will be taken into account. Students are expected to deliver a written report on each one of the thermodynamics experiences. Reports should include, at least, a description of the experimental results, together with an estimation of their accuracy, as well as a discussion of these results and responses to all raised questions as indicated throughout the delivered scripts. The Professor assigned to the laboratory group will grade the reports. Additionally, during lab sessions, the professor will ask questions (either orally or in writing) about the experiments, and grade each student's answers. The final thermodynamics grade is a weighted combination of these four numbers (fall and spring exams and laboratories), provided that all exam grades ≥ 4 (out of 10) and all laboratory grades ≥5 (out of 10).		

Grading: MECHANICS & WAVES		
Exams	**Weight:**	30%
There will be a written exam at the end of each semester.		
Other activities	**Weight:**	70%
Laboratory experiments. Attendance at theoretical sessions can be taken into account.		

The laboratory work will be evaluated from reports prepared by the students. Each report must include the measurements made and an error analysis of them, together with a discussion of the results. In the laboratory sessions the professor will ask questions (orally or in writing) about the experiments, and grade each student's answers.

The final thermodynamics grade is a weighted combination of these four numbers (fall and spring exams and laboratories), provided that all examn grades ≥ 4(out of 10) and all laboratory grades ≥5 (out of 10)

Grading: ELECTRICITY & MAGNETISM		
Other activities	**Weight:**	100%

The subject of Electricity and Magnetism will be evaluated from the laboratory work. The experimental work performed during the laboratory sessions will be taken into account, together with the marks obtained in the written reports that will be prepared preferably during the laboratory sessions. Additionally, during lab sessions, the professor will ask questions (either orally or in writing) about the practical, and grade each student's answers.

Grading: QUANTUM PHYSICS		
Other activities	**Weight:**	100%

The evaluation of the Quantum Physics Laboratory will be carried out by completing and answering the questions raised at the end of the script of every assigned practical. The questionnaire will be completed one week after the end of the corresponding session and will be evaluated over 10 points. In addition, at the end of each session, the instructor can make a brief written control, which may account up to 20% of the mark of the respective practice.

The final mark will be the average of the grades obtained in each practice.

Final Grade

In order to pass the subject, it is necessary to perform all the laboratory experiences and to deliver all the results. If all the four disciplines are passed, a Final Grade will be assigned to each student as an average according to the following formula:

Thermodynamics: 0.42; Mechanics & Waves: 0.37; Electricity & Magnetism: 0.14; Quantum Physics: 0.07

The formula above applies to both the first and second chance exams. For the second chance exam only the discipline (either Thermodynamics or Mechanics & Waves) failed in the first chance need to be retaken.

Both in Thermodynamics and in Mechanics & Waves, the second chance exam will be on all the material seen throughout the academic year (first and second semesters).

6. Fichas de las asignaturas de tercer curso

Grado en Física (curso 2025-26)

Física Cuántica II		Código	800513	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Formación General	Materia	Física Cuántica y Estadística	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	6	3.5	2.5
Horas presenciales	55	30	25

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Comprender el significado del operador momento angular y el espín en física cuántica. Manejar el acoplo de dos momentos angulares.
- Entender el concepto de partículas idénticas en mecánica cuántica. Comprender el significado del principio de exclusión de Pauli.
- Manejar los métodos básicos de la teoría de perturbaciones independientes del tiempo y aplicarla en diversas situaciones.

Breve descripción de contenidos

Momento angular y espín. El principio de exclusión de Pauli. Métodos aproximados.

Conocimientos previos necesarios

Es importante que el alumno posea conocimientos básicos sobre el formalismo de la mecánica cuántica. También debe conocer y manejar las relaciones de conmutación, los autovalores y autofunciones del momento angular orbital. Asimismo debe saber resolver la ecuación de Schrödinger con pozos tridimensionales tales como el oscilador armónico o el potencial 1/r.

Profesor/a coordinador/a	Juan Manuel Rodríguez Parrondo		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.216.0	e-mail	parrondo@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	M3	M,J	9:00 – 11:00	Francisco Javier Cao García	Todo el cuatrimestre	55	T/P	EMFTEL
B (inglés)	19	Mo We Th	10:00 – 11:00 10:30 – 12:00 11:00 – 12:30	Javier Rubio Peña	Full term	43	T/E	FT
				Álvaro Álvarez Domínguez		12	E	FT
C	M3	M,J	15:00 – 17:00	Fernando Ruiz Ruiz	Todo el cuatrimestre	55	T/P	FT

D	19	X V	15:30 – 17:30 15:00 – 17:00	Armando Relaño Pérez	Todo el cuatrimestre	55	T/P	EMFTEL
E	19	L M,J	16:30-17:30* 17:30 - 19:00	Juan Manuel Rodríguez Parrondo	Todo el cuatrimestre	55	T/P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

(*) El grupo E, tras tres clases en horario de 18:00-19:00 pasará a impartirse de 16:30-17:30, los lunes.

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco Javier Cao García	M y J: 11:00-12:30 Contactar por correo	francao@ucm.es	03.260.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Fernando Ruiz Ruiz	M, X, J: 11:30 - 13:30	ferruiz@fis.ucm.es	03.315.0
D	Armando Relaño Pérez	L , X: 11:00-13:00 Las 2 horas restantes, online o previa petición de cita por correo electrónico	armando.relano@fis.ucm.es	01.110.0
E	Juan Manuel Rodriguez Parrondo	1er. cuatrimestre L, X : 11:00 a 13:00 Resto online 2º cuatrimestre M: 12:00-13:30 X: 16:00-17:30 Resto online	parrondo@ucm.es	03.216.0

* Resto hasta 6 horas a través del campus virtual, correo electrónico, ...

Programa de la asignatura

- **Repaso y ampliación del formalismo de la Mecánica cuántica.** Estados y observables. Espacios de Hilbert: vectores, producto escalar y operadores. Medición y colapso cuántico. Ecuación de Schrödinger y evolución unitaria. Sistemas compuestos: producto tensorial. Definición del operador densidad.
- **Espín y sistemas de dos niveles**. El experimento de Stern-Gerlach y el espín del electrón. Comportamiento del espín en presencia de un campo magnético.
- **Momento angular**. Definición general y espectro del momento angular. Matrices de espín. Momento angular orbital.
- **Adición de momentos angulares.** Un ejemplo: adición de dos espines ½. Caso general: coeficientes de Clebsch-Gordan.
- **Partículas idénticas.** Indistinguibilidad y simetrización de funciones de onda. Sistemas de N partículas. Partículas sin interacción: números de ocupación.
- **Perturbaciones estacionarias.** Desarrollos perturbativos. Caso no degenerado. Caso degenerado. Aplicaciones a las correcciones de las energías del átomo de hidrógeno.
- **Método variacional.** Descripción general del método. Aplicaciones.
- **Perturbaciones dependientes del tiempo.** Hamiltonianos dependientes del tiempo. Perturbaciones. Transiciones al espectro continuo: regla de oro de Fermi. Reglas de selección.

Bibliografía

Básica:

• Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu y Frank Laloë, Quantum Mechanics Vols I, II y III. Segunda edición, Wiley 2019.

• Stephen Gasiorowicz, *Quantum Physics* 3rd edition, Wiley 2003.

Complementaria:

• David J Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics (2nd edition),* Prentice Hall 2005.

• Donald D. Fitts, *Principles of quantum mechanics, as applied to chemistry and chemical physics*, Cambridge University Press, 1999

• Benjamin Schumacher, Michael Westmoreland*, Quantum Processes Systems, and Information,* Cambridge University Press, 2010.

• Leslie Ballentine, Quantum Mechanics: *A Modern Development,* World Scientific Publishing 1998.

• M. Alonso y E Finn, *Física Vol III, Fundamentos Cuánticos y Estadísticos*, Fondo Editorial Interamericano 1971.

Recursos en Internet

Según grupos, Campus Virtual y páginas WEB.

Metodología

• Clases de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.

• Clases prácticas de problemas

Las clases de teoría utilizarán la pizarra o proyecciones con ordenador. La resolución de problemas tendrá lugar en la pizarra, con la posible participación de los alumnos. Se suministrará a los estudiantes una colección de problemas con antelación a su resolución en la clase. El profesor recibirá en su despacho a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas, ampliar conceptos, etc. Es recomendable la asistencia a estas tutorías para un mejor aprovechamiento del curso. El material de la asignatura estará disponible para los alumnos en el Campus Virtual.

Evaluación

Examen final	**Peso: (*)**	75%

Se realizará un examen final que consistirá fundamentalmente en una serie de cuestiones teóricas breves y de problemas sobre los contenidos explicados durante el curso y de dificultad similar a los propuestos en la colección de problemas.

Para aprobar la asignatura será necesario obtener una nota mínima compensable de 4.5 en el examen final.

Otras actividades de evaluación	**Peso: (*)**	25%

En este apartado se valorarán algunas de las siguientes actividades:

• Entrega de problemas y ejercicios, individuales o en grupo.

• Resolución de dichos ejercicios en las clases de problemas.

• Controles y pruebas adicionales, escritas u orales.

Calificación final

La calificación final del curso será la mayor de las dos notas siguientes:

a) examen final.

b) media de la nota obtenida en el examen final (con un peso del 75%) y en el apartado “Otras actividades de evaluación” (con un peso del 25%).

En caso de obtener una nota inferior a la mínima compensable en el examen final, 4.5, la calificación del curso será la de examen final. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Física Estadística		Código	800514	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Formación General	Materia	Física Cuántica y Estadística	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	6	3.5	2.5
Horas presenciales	55	30	25

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer los postulados fundamentales de la Física Estadística.
- Conocer diferentes colectividades estadísticas y sus conexiones con los potenciales termodinámicos.
- Familiarizarse con las estadísticas de Maxwell-Boltzmann, Fermi-Dirac y Bose-Einstein.

Breve descripción de contenidos

Postulados fundamentales; modelos estadísticos y propiedades termodinámicas de sistemas ideales; estadística de partículas idénticas; introducción a los sistemas con interacción.

Conocimientos previos necesarios

Mecánica Hamiltoniana, Clásica y Cuántica. Termodinámica.

Profesor/a Coordinador/a:	Ricardo Brito López		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	01.114.0	e-mail	brito@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	M3	L X	9:00–11:00 10:30–12:30	Chantal Valeriani Luis Ignacio Dinis Vizcaíno	Todo el cuatrimestre	40 15	T/P	EMFTEL
B (inglés)	19	Mo Tu We	9:00–10:00 9:30–11:00 9:00–10:30	Juan Manuel Rodríguez Parrondo	Full term	55	T/E	EMFTEL
C	M3	X,V	15:00–17:00	Ricardo Brito López	Todo el cuatrimestre	55	T/P	EMFTEL
D	M3* 19	L X	16:30–18:30 17:30-19:30	Juan José Mazo Torres	Todo el cuatrimestre	55	T/P	EMFTEL
E	19	M, J	15:30–17:30	Ricardo Brito López	Todo el cuatrimestre	55	T/P	EMFTEL

T: teoría, P: prácticas

(*) Tras 3 clases el V en el aula 19 en horario de 17-19, la clase del grupo D pasará a su aula y día definitivos, los L en el aula M3 de las 16:30-18:30

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Chantal Valeriani	L, M, X : 13:30-15:30 Y online	cvaleriani@ucm.es	01.119.0
	Luis Ignacio Dinis Vizcaíno	L: 14:30-15:30 J: 11:00-12:00 V: 10:30-11:30 +3 h online	ldinis@ucm.es	03.215.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Ricardo Brito López	X y J: 12:00-13:30 + 3h online	brito@ucm.es	01.114.0
D	Juan José Mazo Torres	L,M,J:11:00-12:00 (+3h no presenciales)	jmazo@ucm.es	01.112.0
E	Ricardo Brito López	X y J: 12:00-13:30 + 3h online	brito@ucm.es	01.114.0

Programa de la asignatura

- Introducción a la Física Estadística

Introducción y objetivos de la asignatura. Descripciones mecánica y termodinámica de los sistemas macroscópicos. Probabilidad.

- Fundamentos de Física Estadística.

Hipótesis fundamentales de la Física Estadística: sistemas clásicos y cuánticos. Espacio de fases y estados cuánticos de un sistema macroscópico. Concepto de ergodicidad. Límite termodinámico.

- Colectividad Microcanónica.

Entropía y temperatura. Aplicación al gas ideal clásico y al paramagnetismo.

- Colectividad Canónica.

Distribución de Boltzmann. Función de partición. Potencial de Helmholtz. Teorema de equipartición. Aplicaciones: gas ideal clásico, fotones y fonones.

- Colectividad Macrocanónica.

Potencial químico. Distribución macrocanónica. Potencial de macrocanónico. Valor medio y dispersión del número de partículas. Equivalencia de colectividades.

- Gases ideales cuánticos.

Estadísticas cuánticas: bosones y fermiones. Estadística de los números de ocupación. Límite clásico. Desarrollos del virial.

- Gas ideal de Bose-Einstein.

Condensación de Bose Einstein. Temperatura y densidad críticas. Propiedades termodinámicas del gas de Bose-Einstein.

- Gas ideal de Fermi-Dirac.

Gas de electrones en los metales. Función y temperatura de Fermi. Desarrollo de Sommerfeld.

Bibliografía

Básica:

• W. Greiner, L. Neise y H. Stöcker, Thermodynamics and Statistical Mechanics, Springer (1995).

• R. K. Pathria, Statistical Mechanics, Butterworth (2001).

• J. Ortín y J. M. Sancho, Curso de Física Estadística, Publicacions i Edicions, Universitat de Barcelona (2006).

• C. F. Tejero y J. M. R. Parrondo, 100 Problemas de Física Estadística, Alianza Editorial (1996).

Complementaria:

• K. Huang, Statistical Mechanics, Wiley (1987).

• C. F. Tejero y M. Baus, Física Estadística de Equilibrio. Fases de la Materia, ADI (2000).

• H.B. Callen, Thermodynamics and an introduction to thermostatistics, 2ª edition, John Wiley & Sons (1985)

Recursos en internet

Metodología

Se usarán las siguientes actividades de aprendizaje:

- Clases teóricas donde se explicarán los conceptos y desarrollos teóricos,
- Clases prácticas y sesiones de discusión para la resolución de ejercicios. A los estudiantes se les proporcionará la lista de ejercicios con antelación.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	80%

Se realizará un examen final eminentemente práctico, consistente en la resolución de ejercicios y problemas.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	20%

Durante el curso se realizarán actividades de evaluación continua, que pueden suponer hasta un 20% de la nota final.

Calificación final

Para aprobar la asignatura será necesario que la nota del examen sea superior a 4.5 puntos. Si la calificación final es inferior a la nota del examen, se tomará como nota final la nota del examen.

Grado en Física (curso 2025-26)

Laboratorio de Física III		Código	800517	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Formación General	Materia	Laboratorio de Física	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Laboratorio
Créditos ECTS	6	1.1	4.9
Horas presenciales	69	9	60

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer los principios, técnicas de análisis e instrumentos de medida y los fenómenos experimentales de interés en Electricidad y Magnetismo y Óptica.
- Adquirir destrezas en el manejo de aparatos e instrumentación.
- Evaluar los límites de los métodos de medidas debidos a las interferencias, a la simplicidad de los modelos y a los efectos que se desprecian en el método de medida.
- Ser capaz de elaborar informes y documentar un proceso de medida en lo que concierne a su fundamento, a la instrumentación que requiere y a la presentación de resultados.
- Saber analizar los resultados de un experimento y extraer conclusiones usando técnicas estadísticas.

Breve descripción de contenidos

Laboratorios de Óptica, y Electricidad y Magnetismo; técnicas de tratamiento de datos; estadística básica.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de Electricidad y Magnetismo (circuitos de corriente eléctrica, resonancia en ondas electromagnéticas, efecto Hall, ciclo de histéresis de materiales magnéticos).

Conocimientos básicos de Óptica (polarización, interferencia, difracción y coherencia).

Profesores coordinadores					
	Fabián Andrés Cuéllar J.			Dpto.	FM
	Despacho	03.250.0	e-mail	facuella@ucm.es	
	Mª Cruz Navarrete Fernández			Dpto.	OP
	Despacho	01.309.0	e-mail	mcnavarr@ucm.es	

Grupo Teoría	Profesor	Horas	Dpto.	e-mail
A	Fabián Andrés Cuéllar J. Alfredo Luis Aina	1,5 7,5	FM OP	facuella@ucm.es alluis@fis.ucm.es
B (inglés)	Fabián Andrés Cuéllar J. Ángel S. Sanz Ortíz	1.5 7.5	FM OP	facuella@ucm.es a.s.sanz@fis.ucm.es
C	Fabián Andrés Cuéllar J. Mª Cruz Navarrete Fernández	1,5 7,5	FM OP	facuella@ucm.es mcnavarr@fis.ucm.es
D	Fabián Andrés Cuéllar J. Alfredo Luis Aina	1,5 7,5	FM OP	facuella@ucm.es alluis@fis.ucm.es

Horarios de clases teóricas (cuatro primeras semanas)				
Grupo	**Día**	**Horas**	**Aula**	**Tutorías**
A	OPT: 8/09, 10/09, 15/09, 17/09, 22/09 EyM: 3/09	L: 16:30-18:00 X: 9:00-10:30	19 M3	Electricidad y Magnetismo: Fabián Andrés Cuéllar J. 03.250, L: 15:00 - 18:00 (+3h online) Óptica (A y D): Alfredo Luis Aina Despacho 220.0, 1ª pl. central sur L: 13:30-16:30. No presenciales bajo demanda. Óptica (C): Mª Cruz Navarrete Despacho O1-D08, 1ª pl. oeste M y X: 11:00-14:00. No presenciales bajo demanda.
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	OPT: 9/09, 11/09, 16/09, 18/09, 23/09; EyM: 4/09	M: 13:30-15:00 J: 13:30-15:00	9	
D	OPT 5/09, 10/09, 12/09, 17/09, 19/09; EyM: 3/09	X: 13:30-15:00 V: 13:30-15:00	9	
DG (DGrado)	EyM: 05/09	V: 10:30-12:00	19	

Los alumnos deben matricularse en un grupo de Laboratorio de Electricidad y Magnetismo y en un grupo de Laboratorio de Óptica, eligiendo ambos de manera independiente de forma que los horarios sean compatibles.

La asignación de los grupos de laboratorio se hará a través de la automatrícula. No se permitirán cambios de grupo tras la matrícula que impliquen ampliación en el número de alumnos por encima del máximo establecido para cada grupo.

Horarios del laboratorio de Óptica				
Grupo	**Horarios de Laboratorios**		**Nº sesiones**	**11**
	Día	**Horas**	**Profesor**	**Dpto.**
O1	Lunes: 15 sep. a 3 nov., 17 nov. a 1 dic.	9:30 – 13:30 (lunes)	Mª Cruz Navarrete (11, R) Alfredo Luis (11, R)	Óptica
O2	Lunes: 15 sep. a 3 nov., 17 nov. a 1 dic	14:30 – 18:30 (lunes)	Jesús del Hoyo Muñoz (11, R) Luis Miguel Sánhez Brea (5.5, R) Javier Vargas (5.5, R)	Óptica
O3	Martes: 16 sep. a 4 nov., 18 nov. a 2 dic.	9:00 – 13:00 (martes)	Alfredo Luis (11, R) Mª Cruz Navarrete (11, R)	Óptica
O4	Martes: 16 sep. a 4 nov., 18 nov. a 2 dic.	13:00 – 17:00 (martes)	Jose A. Rodrigo (11,R) Óscar Martínez Matos (11, R)	Óptica

O5	Miércoles: 17 sep. a 5 nov., 19 nov. a 3 dic.	9:30 – 13:30 (miércoles)	Luis Miguel Sánchez Brea (11, R) Javier Vargas (11, R)	Óptica
O6	Martes: 16 sep. a 4 nov., 18 nov. a 2 dic.	17:00 – 21:00 (martes)	Óscar Martínez Matos (11)	Óptica
O7	Jueves: 18 sep. a 6 nov., 20 nov. a 4 dic.	9:30 – 13:30 (jueves)	Gemma Piquero Sanz (11, R) Ángel S. Sanz Ortíz (5.5) Juan Antonio Quiroga (5.5)	Óptica
O8 (inglés)	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
O9	Viernes: 19 sep. a 7 nov., 21 nov. a 5 dic.	9:30 – 13:30 (viernes)	Tatiana Alieva (11, R) Gemma Piquero Sanz (5.5) Alfredo Luis (5.5)	Óptica
O10	Jueves: 18 sep. a 6 nov., 20 nov. a 4 dic.	14:30 – 18:30 (jueves)	Rosario Martínez Herrero (11, R) José A. Rodrigo (11)	Óptica

Dos profesores por grupo. Entre paréntesis sesiones de cada profesor y R, profesor responsable del grupo.

Horarios del laboratorio de Electricidad y Magnetismo				
Grupo	**Horarios de Laboratorios**		**Nº sesiones**	**4**
	Días	**Horas**	**Profesor**	**Dpto.**
E1	(J) Oct. 2, 9, 16 y 23	9:30 a 13:30	Elena Navarro enavarro@ucm.es	FM
E2	(J) Oct. 2, 9, 16 y 23	15:00 a 19:00	Pilar Marín mpmarin@ucm.es	FM
E3	(L) Oct. 6, 13, 20 y 27	9:30 a 13:30	Alberto Rivera alberto.rivera@ucm.es	FM
E4	(L) Oct. 6, 13, 20 y 27	15:00 a 19:00	Alejandro Martín alemarta@ucm.es	FM
E5	(M) Oct. 7, 14, 21 y 28	9:30 a 13:30	Geraldo Cristian Vásquez gc.vasquez@ucm.es	FM
E6	(M) Oct. 7, 14, 21 y 28	15:00 a 19:00	Beatríz Rodríguez berodr03@ucm.es	FM
E7	(X) Oct. 8, 15, 22 y 29	9:30 a 13:30	Beatríz Rodríguez berodr03@ucm.es	FM
E8	(X) Oct. 8, 15, 22 y 29	15:00 a 19:00	Fabián Andrés Cuéllar facuella@ucm.es	FM
E9	(J) Oct. 30, Nov. 6, 13 y 20	9:30 a 13:30	Elena Navarro enavarro@ucm.es	FM
E10	(J) Oct. 30, Nov. 6, 13 y 20	15:00 a 19:00	Pilar Marín mpmarin@ucm.es	FM
E11	(L) Nov. 3, 17, 24 y Dic.1	9:30 a 13:30	Alberto Rivera alberto.rivera@ucm.es	FM
E12	(M) Nov. 4, 11, 18 y 25	9:30 a 13:30	Fabián Andrés Cuéllar facuella@ucm.es	FM
E13 (inglés)	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
E14	(M) Nov. 4, 11, 18 y 25	15:00 a 19:00	Javier Tornos jtornosc@ucm.es	FM

E15 (DG)	(M) Sept. 9, 16, 23 y 30	15:00 a 19:00	Fabián Andrés Cuéllar facuella@ucm.es	FM
E16 (DG)	(X) Sept. 10, 17, 24 y Oct. 1	15:00 a 19:00	Fabián Andrés Cuéllar facuella@ucm.es	FM
E17	(X) Nov. 5, 12, 19 y 26	9:30 a 13:30	Norbert Nemes nmnemes@ucm.es	FM

Programa de la asignatura (clases teóricas)

En las clases teóricas se introducirán los fundamentos de las principales técnicas de caracterización eléctrica, magnética y óptica y se repasarán algunos conceptos que son esenciales para el seguimiento de las sesiones prácticas.

Las sesiones de Óptica estarán enfocadas a explicar los conceptos básicos de la óptica geométrica:

- Formación de imagen en lentes y espejos
- Sistemas ópticos
- Instrumentos ópticos

Programa de prácticas (Óptica)	Sesiones
1. Análisis de luz polarizada	1
2. Interferómetro de Michelson: Espectroscopía	1
3. Interferómetro de Michelson: Metrología	1
4. Interferencias de Young	1
5. Difracción de Fraunhofer por varios objetos	1
6. Espectroscopía	1
7. Lentes y sistemas de lentes	1
8. Lupa y microscopio	1
9. Visión y telescopios	1
10. Instrumentación	1
11. Ejercicio experimental	1

Programa de prácticas (Electricidad y Magnetismo)	Sesiones
Grado en Física	
1. Construcción de una fuente regulable de continua	1
2. Resonancia en circuitos RLC y filtros RC	1
3. Resistividad de materiales y circuitos LC acoplados magnéticamente	1
4. Propiedades eléctricas y de transporte: ciclo de histéresis y efecto Hall	1
Doble Grado en Física y Matemáticas	
1. Medidas eléctricas	1
2. Medidas con el osciloscopio: circuitos RC	1
3. Leyes de Biot-Savart e inducción electromagnética	1
4. Resistividad de materiales y circuitos LC acoplados magnéticamente	1

Bibliografía

Básica:

- Física universitaria. W. Sears, M. W. Zemansky, H.D. Young, R.A. Freedman (11ª ed., Pearson Education, 2004).
- Física. R.A. Serway (5ª ed, McGraw-Hill, Madrid, 2002)
- Física para la ciencia y la tecnología. P.A. Tipler, G. Mosca, (5ª ed., Reverté, Barcelona, 2005).
- Óptica. E. Hecht, A. Zajac (Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, EE.UU., 1986).
- Óptica. J. Casas (Ed. Librería General, Zaragoza, 1994).
- Óptica Geométrica. P. M. Mejías Arias, R. Martínez Herrero (Ed. Síntesis, Madrid, 1999)
- Óptica electromagnética. J. M. Cabrera, F. J. López, F. Agulló López (Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, EE.UU., 1993).
- Principles of Optics. M. Born, E. Wolf (Pergamon Press, Oxford, Reino Unido, 1975).
- Fundamental of Optics. A. Jenkins, H. E. White (McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU., 1976).

Complementaria:

- Estadística básica para estudiantes de Ciencias, J. Gorgas, N. Cardiel, J. Zamorano webs.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf

Recursos en internet

Toda la información referente a la asignatura estará disponible en el Campus Virtual.

Metodología

Toda la información referente a la asignatura estará disponible en el Campus Virtual.

La asignatura consta de seis clases teóricas (de 1,5 horas de duración cada una, cinco sesiones de óptica y una de electricidad y magnetismo) y de quince sesiones de laboratorio de cuatro horas cada una, de las que cuatro se realizarán en el Laboratorio de Electricidad y once en el Laboratorio de Óptica.

En las clases teóricas se expondrán los conceptos básicos necesarios para la realización de las sesiones de laboratorio y se propondrán ejercicios y problemas relacionados con los mismos. Alguno de los problemas se entregará al profesor de teoría para su calificación.

Las sesiones de laboratorio se realizarán por parejas, bajo la supervisión de uno o dos profesores de laboratorio. Durante las sesiones prácticas los alumnos deben realizar un aprendizaje autónomo, gestionar la información que se les suministra, resolver problemas, organizar y planificar el trabajo práctico del laboratorio y aplicar un razonamiento crítico. Los profesores serán los responsables de evaluar el trabajo de los alumnos en las sesiones prácticas.

Los guiones de las prácticas, así como el material adicional que servirá de ayuda para realizar los informes estarán disponibles con suficiente antelación en el Campus Virtual. Es responsabilidad de los alumnos llevar los guiones al laboratorio.

Electricidad y Magnetismo

Los cálculos para preparar las prácticas, así como los conceptos necesarios para su realización están cubiertos en los cuestionarios preliminares, que deberán llenarse antes de cada práctica y serán enseñados al entrar al laboratorio para poder comenzar a trabajar. Durante las sesiones prácticas los alumnos tendrán que responder a una serie de preguntas enumeradas, a lo largo de los guiones de

prácticas. Los informes se entregarán según se indica en el guión de cada práctica de laboratorio. Todos los resultados deberán ir acompañados de sus correspondientes cálculos de incertidumbres.

La nota de laboratorio que cada profesor debe dar a sus alumnos valorará los siguientes aspectos: la preparación previa del estudiante para cada sesión de laboratorio que se traduce en la lectura y comprensión de los guiones, el trabajo experimental realizado durante las sesiones de prácticas, y las respuestas a las preguntas de los guiones. Además, en las sesiones del laboratorio el profesor podrá preguntar (oralmente o por escrito) sobre la práctica y podrá calificar las respuestas. En la práctica "Ciclo de histéresis" con el fin de familiarizar a los alumnos con la forma habitual de trabajo científico, se pedirá un informe completo, con formato de *artículo de investigación*.

Óptica

Al finalizar cada sesión de laboratorio los alumnos tendrán que entregar al profesor responsable de grupo la contestación a las preguntas que aparecen en el cuestionario asociado a la práctica (los cuestionarios están incluidos en los guiones de prácticas). **Únicamente se evaluarán las contestaciones a los puntos de los cuestionarios.**

Aviso importante para los alumnos repetidores

Laboratorio de Electricidad y Magnetismo

Los alumnos que hayan suspendido la parte de **Electricidad y Magnetismo** en cursos anteriores tendrán la opción de presentarse directamente al examen, siempre y cuando hayan obtenido una nota igual o superior a 5 en la evaluación de las prácticas realizadas en el laboratorio. Para ello, deben comunicárselo **obligatoriamente** al profesor Fabián Andrés Cuéllar J. mediante un correo electrónico enviado a la dirección f.cuellar@ucm.es.

El examen final será tanto sobre la sesión teórica como las prácticas realizadas en el **presente curso académico**. Los contenidos de las sesiones prácticas pueden cambiar de un año a otro, por lo que es responsabilidad del alumno adquirir los conocimientos de las prácticas, que no hayan realizado en el curso académico en el que aprobaron la parte práctica del Laboratorio.

Laboratorio de Óptica

Los alumnos que hayan **suspendido la parte de Óptica** en los dos últimos cursos podrán elegir entre repetirla completamente o a que se les conserven sus notas individuales (problemas de teoría, informes de prácticas y examen experimental) con la ponderación del curso actual. En todos los casos deben comunicar su decisión **obligatoriamente** a la coordinadora de la parte de Óptica, Mª Cruz Navarrete Fernández, mandando un correo electrónico a la dirección mcnavarr@ucm.es.

Evaluación (Laboratorio de Electricidad y Magnetismo)		
Realización de exámenes	**Peso:**	20 %
Se realizará un examen escrito que incluirá los contenidos expuestos en las clases teóricas y en las prácticas. El examen consistirá en la resolución de una serie de problemas y de casos prácticos.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	80 %
● Cuestionarios de las prácticas. ● Informe completo de una práctica entregado en formato de artículo científico. ● Participación activa en las sesiones de laboratorio. La evaluación de esta parte se hará en forma de *evaluación continua*, valorando tanto el trabajo del alumno como la progresión de sus resultados a lo largo de las sesiones de laboratorio. **Cada práctica** de laboratorio se calificará en una escala máxima de 10 puntos.		

Los criterios de evaluación en la parte de Electricidad y Magnetismo son los siguientes:

La nota final en la parte de Electricidad y Magnetismo será la media ponderada entre el examen teórico y la evaluación de las prácticas realizadas, siendo requisito indispensable para aprobar la parte de Electricidad y Magnetismo obtener al menos un 5 en el laboratorio y un 4 en el examen.

Para la convocatoria extraordinaria (junio/julio) se conservarán las notas de las actividades que estén aprobadas.

Evaluación (Laboratorio de Óptica)		
Realización de exámenes	**Peso:**	40 %
En la última sesión de laboratorio se realizará un ejercicio experimental.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	60 %

- Realización de los problemas de las clases de teoría: 10 % del total
- Evaluación de los informes de las prácticas: 50 % del total

Calificación final

Para aprobar la asignatura será necesario haber asistido a todas las sesiones prácticas y haber entregado todos los informes, así como obtener una nota final de la asignatura completa igual o superior a cinco.

La calificación final será

$$N_{Final} = 2/3\ N_{Opt} + 1/3\ N_{EyM}$$

donde N_{Opt} y N_{EyM} son, en una escala 0-10, las calificaciones obtenidas en cada una de las partes de la asignatura (Óptica y Electricidad y Magnetismo). Para aprobar la asignatura es necesario tener una nota superior o igual a 4 en la parte de Óptica, una nota superior o igual a 5 en la parte de Electricidad y Magnetismo, y una calificación final superior o igual a 5.

Las calificaciones de las actividades (Electricidad y Magnetismo y Óptica) aprobadas en la convocatoria ordinaria (enero) se guardarán para la convocatoria extraordinaria (junio/julio). Los alumnos sólo tendrán que examinarse de las actividades NO superadas.

Grado en Física (curso 2025-26)

Astrofísica		Código	800507	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Obligatoria de Física Fundamental	Tipo	Optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer las técnicas básicas de observación astronómica.
- Ser capaz de interpretar los parámetros observacionales básicos.
- Comprender las diferentes escalas y estructuras en el Universo.
- Conocer las principales propiedades físicas de estrellas, galaxias, el medio interestelar, cúmulos estelares y de galaxias, etc.
- Ser capaz de entender las bases del modelo cosmológico estándar y las evidencias observacionales que lo apoyan.

Breve descripción de contenidos

Introducción a la Astrofísica (observación astronómica), estrellas (el Sol, parámetros, evolución estelar), planetas (del Sistema Solar, extrasolares), galaxias y cosmología (cosmología, estructura, galaxias externas, la Vía Láctea)

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos de Física general.

Profesor/a coordinador/a	Patricia Sánchez Blázquez		Dpto.	FTA
	Despacho	00.321.0	e-mail	psanchezblazquez@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	M3	M V	11:00 – 12:30 9:00 – 10:30	Cristina Catalán Torrecilla	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FTA
B (inglés)	7	Mo, Fr	13:30 – 15:00	Shane O'Sullivan	Full term	45	T/P	FTA
C	M3	M,J	17:00 – 18:30	Patricia Sánchez Blázquez	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FTA
D	M3	L,J	11:00 – 12:30	África Castillo Morales	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Cristina Catalán Torrecilla	1er. semestre M:12:30-14:00 V:10:30-12:30 2º semestre L:12:30-14:00 J: 14:30-16:00 Resto online	ccatalan@ucm.es	04.236.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Patricia Sánchez Blázquez	L,X: 15:00-17:00 Resto online	psanchezblazquez@ucm.es	00.321.0
D	África Castillo Morales	M, X: 11:00-12:30h Resto online	acasmor@fis.ucm.es	00. 323.0

* Horas de tutorías no presenciales a través de correo, campus virtual, en días lectivos

Programa de la asignatura

I. Introducción

1. Observación Astronómica

II. Estrellas

2. Parámetros Estelares
3. El Sol
4. Formación Estelar
5. Evolución Estelar
6. Fases Finales de la Estrellas

III. Planetas

7. Sistema Solar
8. Exoplanetas

IV. Galaxias y Cosmología

9. Introducción a la Cosmología
10. Estructura a Gran Escala del Universo
11. La Naturaleza de las Galaxias
12. Evolución de Galaxias
13. Galaxias Activas
14. La Vía Láctea

Bibliografía

- "Universe", de R.A. Freedman, R.M. Geller y W.J. Kauffmann III, editorial W.H. Freeman & Co., 11ª edición (2019)
- "An Introduction To Modern Astrophysics", de B.W. Carroll y D.A. Ostlie, editorial Addison-Wesley, 2ª edición (2017)
- "Fundamental Astronomy", de H. Karttunen y col. editorial Springer, 6ª edición (2016)
- "De la Tierra al universo: Astronomía General teórica y práctica", 2ª edición, D. Galadí-Enríquez y J. Gutiérrez Cabello, Ediciones Akal (2022)
- "Estrellas y galaxias", A.I. Díaz Beltrán, Ediciones Akal (2019)

Recursos en internet
A través del campus virtual de la asignatura se proporcionarán enlaces actualizados para todos los temas.

Metodología
Las clases se desarrollarán con clases magistrales donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura y aplicaciones a casos más concretos.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen será escrito, versará sobre los conceptos fundamentales de la asignatura y podrá incluir preguntas de los cuestionarios on-line y pequeños problemas.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
La principal actividad de evaluación continua será la resolución de cuestionarios y problemas a través del campus virtual y/o presencialmente en clase.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final}=0.7N_{Examen}+0.3N_{OtrasActiv}$, donde N_{Examen} y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. La fórmula anterior solo se aplicará cuando N_{Examen} sea mayor o igual que 4 puntos (sobre 10) y menor que N_{Final}. En caso contrario $N_{Final}= N_{Examen}$. La calificación $N_{OtrasActiv}$ será válida para las dos convocatorias de examen.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Física de Materiales		Código	800510	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Obligatoria de Física Aplicada	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS	6	4.2	1.8
Horas presenciales	45	31	14

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer la estructura y las principales propiedades físicas de los materiales.
- Ser capaz de reconocer y establecer las relaciones básicas entre la microestructura y propiedades físicas de los materiales.
- Conocer las posibilidades de control de las propiedades de los materiales a través de su diseño.
- Adquirir las nociones básicas sobre las aplicaciones de los distintos tipos de materiales.

Breve descripción de contenidos

Cristales, sólidos desordenados y amorfos; estructura y propiedades físicas de los materiales; aleaciones; preparación de materiales; nanomateriales; materiales en micro- y nanoelectrónica; materiales cerámicos.

Conocimientos previos necesarios

Profesor/a coordinador/a	Paloma Fernández Sánchez		Dpto.	FM
	Despacho	02.115.0	e-mail	arana@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	19	M V	11:00 – 12:30 9:00 – 10:30	Rocio Ranchal Sánchez	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FM
B	19	M, J	14:00 – 15:30	Leonor Chico Gómez	Todo el cuatrimestre	45	T/E	FM
C	19	L X	15:00 – 16:30 14:00 – 15:30	Paloma Fernández Sánchez	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FM

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Rocio Ranchal Sánchez	L, M. 15:00-16:30 +3h On line	*rociran@ucm.es*	02.118.B
B	Leonor Chico Gómez	L: 11.00 -13.00 X: 12.00-13.00 +3h On line	*leochico@ucm.es*	02.122.0
C	Paloma Fernández Sánchez	L: 14:00-15:00 16:30-17:30 M: 11:00-13:00 X: 15:30-17:30	*arana@fis.ucm.es*	02.115.0

Programa de la asignatura

1. Cristales, sólidos desordenados y amorfos. Orden estructural de corto y largo alcance. Mono- , poli- y nanocristales. Aleaciones. Materiales cristalinos: sistemas y redes cristalinos. Cohesión: enlaces primarios y secundarios. Micro- y nanoestructuras. Cristales reales: defectos; procesos difusivos; superficie.

2. Estructura y propiedades físicas de los materiales. Relación entre estructura, microestructura y propiedades. Materiales metálicos, cerámicos, semiconductores, polímeros y materiales blandos, compuestos.Preparación y diseño de materiales; transformaciones de fase.

3. Propiedades mecánicas. Elasticidad, anelasticidad, plasticidad. Endurecimiento. Degradación mecánica. Propiedades en la nanoescala.

4. Propiedades eléctricas. Conducción electrónica: metales y semiconductores. Conducción iónica. Dieléctricos (ferro- y piezoelectricidad). Nanoestructuras y confinamiento cuántico. Materiales en micro- y nanoelectrónica.

5. Propiedades ópticas. Absorción y emisión de luz. Fotoconductividad. Nanoestructuras en dispositivos optoelectrónicos.

6. Propiedades magnéticas. Origen del magnetismo. Dia- y paramagnetismo. Materiales magnéticos duros y blandos. Nanoestructuras magnéticas.

7. Propiedades térmicas. Dilatación y conductividad térmica. Efecto termoeléctrico, generación de calor y refrigeración.

Bibliografía

Bibliografía básica:

- “Understanding solids. The Science of Materials”. Richard Tilley, Wiley (2004)

- “Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Donald Askeland, Paraninfo (2001)

- “Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, J.M. Montes, F.G. Cuevas y J. Cintas Ed. Paraninfo (2014)

- “Ciencia e Ingeniería de los Materiales” William D. Callister / David G. Rethwisch, Ed. Reverté

Bibliografía complementaria:

- “Introduction to Soft Matter”, Ian W. Hamley, Wiley (2000)

- “Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications”, Dieter Vollath, Wiley (2008)

Recursos en internet

Campus virtual, donde se incluirán los enlaces y otro material de interés para la asignatura.

Página web: http://piloto.fis.ucm.es/paloma/

Metodología
● Clases de teoría para explicar los conceptos fundamentales que incluirán ejemplos y aplicaciones. Para estas clases se usará fundamentalmente la proyección con ordenador. Los alumnos dispondrán del material utilizado en clase con suficiente antelación. ● Clases prácticas de problemas. Durante el curso se propondrán cuestiones prácticas o problemas, que formarán parte de la evaluación continua.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen consistirá en una serie de cuestiones teóricas y prácticas (de nivel similar a las resueltas en clase). No se permitirá el uso de libros.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
En la evaluación se tendrán en cuenta los ejercicios realizados en clase y la participación en clases.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio/julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Mecánica de Medios Continuos		Código	800518	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Adquirir destrezas para poder aplicarlas en las asignaturas de cuarto curso.
- Conocer los fenómenos estáticos y dinámicos que ocurren en un fluido viscoso y en un medio elástico, junto con las ecuaciones fundamentales que describen el comportamiento de los medios continuos.

Breve descripción de contenidos

Mecánica de fluidos. Elasticidad. Visco-elasticidad. Plásticos. Propagación de ondas.

Conocimientos previos necesarios

Materias y contenidos del Módulo de formación Básica.
Conceptos básicos de la resolución de ecuaciones diferenciales

Profesor/a coordinador/a	Ricardo Francisco García Herrera		Dpto.	FTA
	Despacho	00.313.0	e-mail	rgarciah@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	19	L J	11:00 – 12:30 12:30 – 14:00	Ricardo Francisco García Herrera	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Ricardo Francisco García Herrera	M: 10:00-13:00 Resto online	rgarciah@fis.ucm.es	00.313.0

Programa de la asignatura

1. Conceptos generales. Medio continuo. Esfuerzos en un medio continuo. Fuerzas y momentos en cuerpos unidimensionales. Cálculo tensorial.
2. Análisis de Tensiones. Fuerzas másicas y de superficie. Principio de Cauchy. Tensión en un punto. Tensor de Esfuerzos. Fuerza y momento en el equilibrio. Tensiones principales. Tensión Plana.
3. Deformaciones. 3.1 Teoría de Elasticidad Elemental. Deformación lineal y por cizalla. Coeficiente de Poisson. Dilatación térmica: Termoelasticidad. 3.2 Deformación tridimensional. Descripciones Lagrangiana y Euleriana. Desplazamiento y deformación. Tensores de Green y Almansi. Tensor de deformación infinitesimal. Deformación lineal y volumétrica. Deformación por cizalla. Rotación. Deformaciones principales. Ecuaciones de compatibilidad.
4. Ecuación Constitutiva. Deformación en fluidos. Fluidos no viscosos y viscosos Newtonianos. Sólido elástico. Ley de Hooke Generalizada. Constantes elásticas. Casos particulares planos. Ecuaciones básicas. Función de Airy. Energía elástica. Propagación de ondas en medios elásticos.
5. Mecánica de Fluidos: Estática y cinemática. Introducción. Estática. Cinemática. Trayectorias y líneas de corriente. Deformación del fluido. Rotación del fluido. Vorticidad y circulación. Función de Corriente.
6. Ecuaciones Fundamentales de la Dinámica de Fluidos. Leyes de conservación. Ecuación de continuidad. Ecuación de Navier-Stokes. Ejemplos de flujos en fluidos newtonianos. Ecuación de Bernoulli. Aplicaciones.
7. Flujo Potencial. Potencial de velocidades. Función de corriente. Potenciales complejos. Ejemplos. Ondas en medios continuos. Caso de ondas de gravedad.
8. Semejanza Dinámica. Flujo laminar y flujo turbulento. Concepto de Capa límite. Número de Reynolds. Modelización experimental con Semejanza Dinámica. Teorema Pi de Buckingham.
9. Otros comportamientos del medio continuo. Límite de elasticidad. Comportamiento plástico. Ecuaciones de plasticidad. Fluidos Viscoelásticos. Modelos sencillos

Bibliografía

BÁSICA

- C. Fung. A first course in continuum mechanics. Prentice Hall. 1994
- P. K . Kundu, y I. M Cohen. Fluid Mechanics. Elsevier. 2008

COMPLEMENTARIA

G. T. Mase y G. E. Mase. Contiunum Mechanics for engineers. CRC Press 1999
D.W. A Rees, Basic Solid Mechanics. Macmillan Press. 1997.
R.O. Davis and A.P.S. Elasticity and Geomechanics, Cambridge Uni Press. 1996.
F.M. White. Mecánica de Fluidos. McGraw Hill. 1979.
X. Oliver and C. Agelet de Saracibar Continuum Mechanics for Engineers.Theory and Problems. 2nd edition 2017. Open access. doi:10.13140/RG.2.2.25821.20961

Recursos en internet

Campus virtual

Metodología

Las clases teóricas serán parte de las actividades en el aula que se desarrollarán con presentación

de ordenador y utilización de la pizarra. Todas las presentaciones estarán accesibles a través del Campus Virtual, así como otro material didáctico complementario.

Se propondrán ejercicios prácticos y problemas para su realización por parte de los alumnos siguiendo el programa teórico. Algunos de ellos se realizarán en el aula con explicaciones del profesor y con la participación de los alumnos. Habrá problemas para entregar por los alumnos a través del Campus Virtual, lo que formará parte de evaluación continua (Otras Actividades).

El Campus Virtual será una herramienta básica para distribución de documentación, entrega de ejercicios, realización de cuestionarios y para información general.

Además, se hará énfasis en la importancia de la asistencia a las clases en el aula, animando a los alumnos al uso de las tutorías personalizadas para resolver dudas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Se realizará un examen final. Su calificación se valorará sobre 10.

Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material. Versará sobre cuestiones conceptuales desarrolladas en teoría y sobre problemas y ejercicios relacionados con la materia.

Se requerirá una nota mínima de 3.5 en el Examen Final para aprobar la asignatura.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

A lo largo del curso y como parte de la evaluación continua, el alumno entregará de forma individual los problemas y tareas de tipo práctico que le indique el profesor en las fechas que éste determine.

Podrán realizarse una o varias pruebas o tests a lo largo del curso a través de Cuestionarios del Campus Virtual para completar la evaluación continua.

La calificación de este apartado se valorará sobre 10 y se ponderará con un 30% en la calificación final, con la condición de haber obtenido una nota mayor o igual a 3,5 en la calificación del examen final.

Calificación final

La calificación final, con la condición de obtener una nota en el Examen Final superior a 3,5 puntos (N_{Exam}>=3,5), será el resultado de la media ponderada de cada uno de los métodos de evaluación según su peso indicado. Asi:

$$C_{Final} = 0.70 \cdot N_{Exam} + 0.30 \cdot N_{OA} \quad (\text{si } N_{Exam} >= 3,5)$$

$$C_{Final} = N_{Exam} \quad (\text{si } N_{Exam} < 3,5)$$

donde N_{Exam} es la calificación obtenida en el Examen Final y N_{OA} es la correspondiente a Otras Actividades.

La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo el procedimiento general de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Física Computacional		Código	800520	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS	6	4	2	
Horas presenciales	45	30	10.5	4.5

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Adquirir destrezas para poder aplicarlas en las asignaturas de cuarto curso.
- Desarrollar la capacidad de modelizar computacionalmente un problema físico e implementar el modelo en el ordenador.

Breve descripción de contenidos

- Estudio de los principales métodos numéricos para:
  - Resolver ecuaciones y sistemas de ecuaciones lineales y no lineales,
  - Resolver problemas diferenciales de valores iniciales y de contorno,
  - Calcular integrales.
- Análisis de sus propiedades (error, estabilidad, etc.) y su aplicabilidad a cada tipo de problema.
- Fundamentos de los métodos de Monte Carlo simples (generación de sucesiones de números aleatorios, criterios de calidad para la aleatoriedad) y sus aplicaciones más sencillas en la Física.

Conocimientos previos necesarios

Los propios del alumno de tercero de grado que ha superado las materias obligatorias.

En concreto, el estudiante debe dominar de forma práctica matrices, ecuaciones diferenciales e integración; debe ser capaz de formular en términos de ecuaciones problemas sencillos (sistemas de uno y dos cuerpos, de conducción de calor, de distribuciones de carga, etc.).

Profesor/a coordinador/a	Beatriz Seoane Bartolomé		Dpto.	FT
	Despacho	02.324.0	e-mail	beseoane@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	M3	X V	12:30 – 14:00 10:30 – 12:00	Beatriz Seoane Bartolomé	Todo el cuatrimestre	36	T/P	FT
				Emilio Pomares Porras		4,5	P	FT
B	M3	L	15:00 – 16:30	Beatriz Seoane Bartolomé	Todo el	36	T/P	FT

		X	17:00 – 18:30	Emilio Pomares Porras	cuatrimestre	4,5	P	FT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Beatriz Seoane Bartolomé	V:12:00-14:00 y 14:30-15:30 L: 10:00-13:00 online	beseoane@ucm.es	02.324.0
	Emilio Pomares Porras	L, V: 12:00-13:00	epomar01@ucm.es	03.326.0
B	Beatriz Seoane Bartolomé	V:12:00-14:00 y 14:30-15:30 L: 10:00-13:00 online	beseoane@ucm.es	02.324.0
	Emilio Pomares Porras	L, V: 12:00-13:00	epomar01@ucm.es	03.326.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	**Lugar**	**sesiones**		**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
LA1	A15	21/10/25	14:00-15:30	Emilio Pomares Porras	4.5	FT
	A15	11/11/25		Beatriz Seoane Bartolomé		
	A15	2/12/25		Emilio Pomares Porras		
LA2	A15	21/10/25	15:30-17:00	Emilio Pomares Porras	4.5	
	A15	11/11/25		Beatriz Seoane Bartolomé		
	A15	2/12/25		Emilio Pomares Porras		
LA3	A15	23/10/25	14:00-15:30	Emilio Pomares Porras	4.5	
	A15	13/11/25		Beatriz Seoane Bartolomé		
	A15	4/12/25		Emilio Pomares Porras		
LA4	A15	23/10/25	15:30-17:00	Emilio Pomares Porras	4.5	
	A15	13/11/25		Beatriz Seoane Bartolomé		
	A15	4/12/25		Emilio Pomares Porras		
LB1	A1	21/10/25	11:30-13:00	Emilio Pomares Porras	4.5	
	A15	11/11/25		Beatriz Seoane Bartolomé		
	A15	02/12/25		Emilio Pomares Porras		
LB2	A1	23/10/25	12:00-13:30	Emilio Pomares Porras	4.5	
	A15	13/11/25		Beatriz Seoane Bartolomé		
	A15	4/12/25		Emilio Pomares Porras		

Programa de la asignatura

1. Introducción al lenguaje de programación de python.
    a. Instalación, configuraciones básicas, y gestión de paquetes.
    b. Variables, aritmética, funciones
    c. Bucles, listas, diccionarios y arrays.
    d. Representación gráfica y animaciones.
    e. Librerías útiles: numpy, matplotlib, scipy, pytorch.
2. Repaso de conceptos básicos del cálculo numérico:
    a. Errores, precisión y velocidad.
    b. Solución Numérica de ecuaciones
    c. Integración Numérica
    d. Diferenciación
3. Métodos de Montecarlo:
    a. Números aleatorios y probabilidad.
    b. Integración por Montecarlo.
    c. Simulaciones de Montecarlo: Cadenas de Markov.
    d. Métodos estocásticos
4. Introducción a la ciencia de datos
    a. Análisis de Fourier
    b. Filtrado de ruido y funciones de autocorrelación.
    c. Transformada rápida de Fourier
    d. Matrices de Covarianza y Análisis de Componentes Principales.
5. Métodos numéricos para ecuaciones diferenciales ordinarias.
    a. El método de Euler y Euler-Cromer
    b. Método de Runge-Kutta.
    c. Algoritmo de Verlet e introducción a la Dinámica Molecular
    d. Caos
6. Métodos numéricos para ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.
    a. Ecuaciones con condiciones de contorno: la ecuación de Laplace y Poisson.
    b. Ecuaciones con condiciones iniciales: método FCTS y la ecuación del calor.
    c. Estabilidad de Von Neumann.
    d. La ecuación de ondas: el método de Crank-Nicolson y de descomposición espectral.
7. Introducción al aprendizaje automático
    a. Métodos de clustering
    b. Regresión multivariable
    c. Clasificación
8. Introducción a la computación cuántica
9. Prácticas

Cada alumno realizará individualmente 3 prácticas numéricas evaluables relacionadas con el temario de la asignatura. Para su realización se utilizará un ordenador y se usará el lenguaje de programación Python.

Bibliografía

- M. Newmann. Computational Physics. University of Michigan (2012).
- Landau, R. H., Páez, M. J., & Bordeianu, C. C. (2024). *Computational physics: Problem solving with Python*. John Wiley & Sons.
- "Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing", *Press, Teukolsky, Vetterling & Flannery* (3.ª ed., Cambridge Univ. Press, 2007)

Recursos en internet

Utilización del Campus Virtual.

Metodología

Las clases serán **teóricas**, **prácticas** y de **laboratorio**. En las clases teóricas el profesor introducirá los esquemas numéricos de cada tema. En las prácticas resolverá ejercicios y ejemplos, y explicará la implementación de los métodos estudiados en forma de programas usando el lenguaje de programación Python. Para ello, en ambos casos, se ayudará de ordenador y cañón proyector. En las clases de laboratorio el estudiante abordará la aplicación de estos métodos a problemas concretos siguiendo un guion elaborado por el profesor.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	60%

El examen será sobre cuestiones teóricas y problemas que deberán ser implementados y resueltos numéricamente mediante un ordenador, usando el lenguaje de programación Python.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40 %

Consistirán en la evaluación de los informes individuales correspondientes a las prácticas del laboratorio (30 %) y en ejercicios a realizar y entregar durante las horas de clase (10 %).

Calificación final

La calificación final será:

$\mathbf{N_{Final}} = 0.6\ \mathbf{N_{Exámen}} + 0.4\ \mathbf{N_{OtrasActiv}}$,

donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

En la convocatoria extraordinaria de julio la manera de calificar será la misma, guardándose la nota de "otras actividades" obtenida en el curso para la convocatoria extraordinaria de julio.

Grado en Física (curso 2025-26)

Historia de la Física		Código	800523	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácts./Semin./Lab.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Adquirir destrezas en diferentes materias transversales para poder aplicarlas en las asignaturas de cuarto curso.
- Obtener una visión global y unificadora del desarrollo histórico de la Física y de su relación con otras ciencias, introduciéndose en aspectos epistemológicos.

Breve descripción de contenidos

Historia y metodología de la Física.

Conocimientos previos necesarios

Profesor/a coordinador/a	Luis Durán Montejano		Dpto.	FT
	Despacho	04.230.0	e-mail	luduran@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	M3	M V	12:30 – 14:00 12:00 – 13:30	Luis Durán Montejano	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Luis Durán Montejano	L: 16:30h-17:30h y 19.30h-20.30h X: 15.00h-17.30h y de 19.00h-20.30h Resto on-line	luduran@ucm.es	04.230.0

Programa de la asignatura

1. Modelos de universo, de Mesopotamia al modelo Lambda-CDM.

2. El modelo de materia desde la antigua Grecia hasta la actualidad.

3. Desde los comienzos del empirismo en la Edad Media y el Renacimiento hasta los grandes experimentos de la actualidad.

4. Origen de la mecánica clásica y del determinismo. Teoría del caos.

5. Historia de la termodinámica.

6. Historia del electromagnetismo y de la luz.

7. La revolución de la electrónica el nacimiento de la física computacional y de las nuevas formas de hacer ciencia.

8. Las grandes revoluciones de la física. Historia de la relatividad y de la física cuántica.

Bibliografía

Básica

- W. C. Dampier. *Historia de la Ciencia*. Tecnos, 1972.
- J. Gribbin. *Historia de la Ciencia 1543-2001,* Crítica, 2006.
- D. C. Lindberg. *Los inicios de la ciencia occidental,* Paidós, 2002.
- C. Sánchez del Río. *Los principios de la física en su evolución histórica*. Editorial Complutense, Madrid, 1986.
- A. Udías Vallina. Historia de la Física. De Arquímedes a Einstein, Ed. Síntesis, 2004.

Complementaria

- F. Chalmers.*¿Que es esa cosa llamada ciencia?* Siglo XXI, Madrid, 1994.
- J. L. González Recio (editor). *El taller de las ideas. Diez lecciones de historia de la ciencia".* Plaza y Valdés, 2005.
- W. Heisenberg. *La imagen de la naturaleza en la Física actual.* Ariel, 1976.
- W. Pauli. *Escritos sobre Física y Filosofía.* Ed. Debate, 1996.
- P. Thuillier. *De Arquímedes a Einstein. Las caras ocultas de la investigación científica.* Alianza Editorial, 1990.
- J. Ziman. *La credibilidad de la ciencia*. Alianza, Madrid, 1981.

Recursos en internet

Campus virtual

Metodología

Lecciones de teoría en las que se irán intercalando sesiones prácticas dedicadas a la lectura, análisis y comentario de textos.
Como parte de la evaluación continua los estudiantes deberán entregar ejercicios, comentarios de textos y breves ensayos monográficos sobre cuestiones polémicas de interés científico.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Se realizará un examen final que constará de varias preguntas cortas y otras de mayor desarrollo.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Actividades de evaluación continua realizadas en horario de clase y entregas de comentarios de texto y breves ensayos en diferentes formatos y realizados de forma cooperativa.		

Calificación final

La calificación final será:

$$Cfinal = Máximo (0.7Ex+0.3Ec , Ex)$$

Donde Ex es la nota del examen final y Ec es la calificación correspondiente a las actividades de evaluación continua.

En el caso de hacer media ponderada con la evaluación continua, será necesario una calificación mínima de 4 sobre diez en Ex.

La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Física del Estado Sólido		Código	800515	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Formación General	Materia	Física Cuántica y Estadística	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	6	3.5	2.5
Horas presenciales	55	30	25

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Comprender la relación entre estructura, características de enlace y propiedades de los sólidos
- Asimilar el papel fundamental de la estructura electrónica y su influencia en las propiedades de transporte.
- Entender el fenómeno de vibración de las redes cristalinas y los modelos implicados para su modelización.
- Entender la aparición de fenómenos cooperativos como el ferromagnetismo o la superconductividad.

Breve descripción de contenidos

Cristales, difracción; energía de enlace; vibraciones de las redes cristalinas; electrones en sólidos, potenciales periódicos y bandas de energía; fenómenos cooperativos en sólidos.

Conocimientos previos necesarios

Física Cuántica I y Física Estadística

Profesor/a coordinador/a	Francisco Domínguez-Adame Acosta		Dpto.	FM
	Despacho	02.123.0	e-mail	*adame@fis.ucm.es*

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	L, J	12:00–14:00	Jacobo Santamaría Sánchez-Barriga	Alternarán clases a lo largo del semestre	27,5	T/P	FM
				Carlos León Yebra		27,5	T/P	FM
B (inglés)	8 9	We Fr	10:00-12:00	Patricia de la Presa Muñoz de Toro	They will alternate classes throughout the semester	41	T/E	FM
				Charles Creffield		14		

C	10	L, V X	9:00–10:30 9:00 - 10:00	Francisco Domínguez-Adame Acosta	Todo el semestre	55	T/P	FM
D	2	L X	15:00–17:00 14:30-16:30	David Maestre Varea	Alternarán clases a lo largo del semestre	43	T/P	FM
				Javier Tornos Castillo		12		
E	10	M V	13:30–15:30 12:30-14:30	Emilio Nogales Díaz	Todo el semestre	55	T/P	FM

T:teoría, P:práctica

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Jacobo Santamaría Sánchez-Barriga	L, X, J. 18:00-20.00	*jacsan@ucm.es*	03.118.0
	Carlos León Yebra	L, M, X. 11.00-13.00	*carlos.leon@ucm.es*	02.109.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Francisco Domínguez-Adame Acosta	M, J. de 09:00-10:30 +3h por correo y CV	*adame@fis.ucm.es*	02.123.0
D	David Maestre Varea	M, J: 10:00 - 13:00	*davidmaestre@fis.ucm.es*	02.112.0
	Javier Tornos Castrillo	1er. sem: X,V: 11:30-13:00 +3h on line 2º semestre: M,J:11:30-13:00 +3h on line	*jtornosc@ucm.es*	03.250.0
E	Emilio Nogales Díaz	X, J. 11:30-13:00 +3h On line	*enogales@ucm.es*	02.211.0

Programa de la asignatura

1. Estructuras cristalinas. Sólidos cristalinos y amorfos. Estructuras cristalinas. Monocristales y policristales. Simetrías. Redes de Bravais: redes centradas. Difracción. Red recíproca. Factor de estructura. Zonas de Brillouin.

2. Enlaces cristalinos. Energía de cohesión. Enlace de Van der Waals. Energía de repulsión. Enlace iónico. Ideas sobre el enlace covalente y el enlace metálico.

3. Vibraciones de las redes. Aproximación adiabática. Potencial armónico. Vibraciones en las redes lineales. Ramas acústica y óptica. Cuantificación de las vibraciones: fonones. Espectroscopías de fonones: neutrones y Raman. Densidad de estados de fonones. Propiedades térmicas de una red y calor específico.

4. Electrones en sólidos. Aproximación de un solo electrón: el espacio k. Bandas de energía. Superficie de Fermi. Modelo de electrones libres. Modelos de electrones casi-libres. Aproximación de ligadura fuerte. Tipos de sólidos según la estructura de bandas. Dinámica de electrones: masa efectiva. Electrones y huecos. Resistividad eléctrica. Semiconductores.

5. Introducción a los fenómenos cooperativos. El gas de electrones: plasmones. Ferro y antiferromagnetismo: interacción de canje, ondas de espín. Super-conductividad: fenomenología e

ideas básicas, ecuación de London, superconductores de alta temperatura

Bibliografía

- N.W.Ashcroft & N.D.Mermin, *Solid State Physics* (Thomson Press, India 2003)
- H.Ibach y H.Lüth , *Solid State Physics* (Springer, Berlin 1993)
- C.Kittel, Introduction to Solid State Physics 8th Edition (Wiley, Nueva York 2005); en español, *Introducción a la Física del Estado Sólido* 3ª Ed. Española (Reverté, Barcelona 1993).
- F.Domínguez-Adame, *Física del Estado Sólido: Teoría y Métodos Numéricos* (Paraninfo, Madrid 2001).

Recursos en internet

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia.

• Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	75%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Además, se podrán realizar uno o dos exámenes parciales liberatorios de materia. Se procurará que estos sean en horario de clase. En caso contrario, se avisará con bastante antelación y se garantizará que todos los estudiantes que lo deseen puedan realizarlos.

Otras actividades de evaluación	Peso:	25%

Cada profesor propondrá una serie de actividades. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10. Esta calificación se guardará hasta el examen de la convocatoria extraordinaria.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.75 N_{Exam} + 0.25 N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Estructura de la Materia		Código	800516	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Formación General	Materia	Física Cuántica y Estadística	Tipo	obligatorio		

	Total	Teóricos	Prácticos
Créditos ECTS	6	3.5	2.5
Horas presenciales	55	30	25

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Entender la estructura de los átomos polielectrónicos y su modelización básica.
Conocer la aproximación de Born-Oppenheimer y la estructura electrónica de las moléculas diatómicas y otros agregados.
Conocer la fenomenología básica nuclear y algunos modelos sencillos.
Conocer los constituyentes más pequeños de la materia, sus interacciones y los elementos básicos de los modelos desarrollados para su estudio y el orden de las magnitudes físicas involucradas en los procesos entre partículas elementales.

Breve descripción de contenidos

Introducción a los átomos polielectrónicos; fundamentos de la estructura molecular y enlace; propiedades básicas de los núcleos atómicos; introducción a la Física de partículas y a su fenomenología.

Conocimientos previos necesarios

Función de onda y ecuación de Schrödinger. Sistemas cuánticos simples y su espectro (oscilador armónico, potenciales centrales, el átomo de Hidrógeno). Nociones de simetrías y momento angular. Transiciones y colisiones cuánticas.

Algunos métodos de cálculo aproximados en sistemas cuánticos: método variacional, perturbaciones, etc.

Profesor/a coordinador/a	Óscar Moreno Díaz		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.239.0	e-mail	osmoreno@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	L,V X	9:00 – 10:30 9:00 – 10:00	Jacobo Ruiz de Elvira	Todo el cuatrimestre	43	T/P	FT
				Alejandro Canoa Monsalve	Todo el cuatrimestre	12	P	
B (inglés)	Sem. 3.2	We Fr	12:00-14:00	Juan Abel Barrio Uña	Full term	55	T/E	EMFTEL

C	10	X V	10:00 – 12:00 10:30 – 12:30	María Cristina Martínez Pérez	Todo el cuatrimestre	27,5	T/P	EMFTEL
				Jaime Rosado Vélez		27,5	T/P	EMFTEL
D	2	M,J	15:00 – 17:00	María Cristina Martínez Pérez	Todo el cuatrimestre	27,5	T/P	EMFTEL
				Marcos López Moya		27,5	T/P	EMFTEL
E	10	L X	13:00 – 15:00 14:00 – 16:00	Oscar Moreno Díaz	Todo el cuatrimestre	55	T/P	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Jacobo Ruiz de Elvira			
	Alejandro Canoa Monsalve			
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	María Cristina Martínez Pérez	1er.sem: M y X:14:00-15:30 +3 h online 2º sem: L y X 15:00-16:30 +3 h online	crismp@ucm.es	03.229.0
	Jaime Rosado Vélez	1 er. sem: M, J: 15:00-18:000 2º sem: X 12:00-13:30 V: 12:30-14:00	jrosadov@ucm.es	03.241.0
D	María Cristina Martínez Pérez	1er.sem: M y X:14:00-15:30 +3 h online 2º sem: L y X 15:00-16:30 +3 h online	crismp@ucm.es	03.229.0
	Marcos López Moya	L, X: 14:00-17:00	marcolop@ucm.es	03.220.0
E	Oscar Moreno Díaz	1er. sem: L: 16:00-17:30 X: 17:30-19:00 2º cuat L: 15:00-16:00 X: 16:00-18:00	osmoreno@fis.ucm.es	03.239.0

Programa de la asignatura

1. Física atómica:

Repaso y ampliación del átomo hidrogenoide. Introducción a los átomos polielectrónicos. Aproximación de campo central. Estados fundamentales y tabla periódica. Acoplamientos de momentos angulares de los electrones. Espectros atómicos.

2. Física molecular:

Tipos de enlaces atómicos. Teoría de enlace de valencia y de orbitales moleculares en la molécula de hidrógeno. Aproximación de Born-Oppenheimer. Espectros de rotación, vibración y electrónicos en moléculas diatómicas.

3. Física de partículas:

Clasificación de partículas elementales (quarks, leptones, bosones mediadores) e interacciones fundamentales. Partículas compuestas (hadrones), modelo de quarks. Masas, números cuánticos, leyes de conservación. Desintegraciones de partículas, producción y detección. El nucleón, isoespín.

4. Física nuclear:

Composición del núcleo. Masas y tamaños nucleares. Estabilidad. Modelos de estructura nuclear. Desintegraciones y radiactividad. Reacciones, fisión y fusión nuclear.

Bibliografía

- Bibliografía general:

• Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles, Robert Eisberg y Robert Resnick, Wiley (1985).

• Física: Fundamentos Cuánticos y Estadisticos. Volumen III, Marcelo Alonso y Edward J. Finn, Addison Wesley (1976).

• Introduction to the Structure of Matter: A Course in Modern Physics, John J. Brehm y William J. Mullin, Wiley (1989).

• Física Cuántica, Carlos Sánchez del Río (coord.), Pirámide (2020).

- **Bibliografía para áreas específicas:**

• Physics of atoms and molecules, B.H.Bransden, C.J.Joachain. Longman (1994).

• Molecular Quantum Mechanics, P. W. Atkins. Oxford University Press (1989).

• Atomic structure, G.K.Woodgate. McGraw Hill (1980).

• Introducción a la Física de Átomos y Moléculas, F. Blanco Ramos. Amazon (2019).

• Física Cuántica II, J. Retamosa. Alcua (2010).

• Nuclear and Particle Physics, W.S.C.Williams. Oxford Science Publications (1991).

• Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane. Wiley (1987).

• Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics, Francis Halzen y Alan D. Martin, Wiley (1984).

• Introduction to High Energy Physics, Donald H. Perkins. Cambridge University Press (2000).

Recursos en internet

Campus virtual de la asignatura.
Repositorio público de códigos de visualización de orbitales atómicos y moleculares para la asignatura (de Jaime Rosado y Alejandro Villar): https://github.com/JaimeRosado/atomictools

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

-Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones

-Clases prácticas de problemas

-Las lecciones de teoría utilizarán la pizarra o proyecciones con ordenador.

-Se suministrará a los estudiantes una colección de hojas de problemas para su resolución en la clase.

-El profesor recibirá en su despacho a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas, ampliar conceptos, etc.

<table>
<tr><th colspan="3">Evaluación</th></tr>
<tr><td>Realización de exámenes</td><td>Peso:</td><td>80%</td></tr>
<tr><td colspan="3">Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam}, comprendida entre 0 y 10.
El examen constará de una serie de cuestiones y/o problemas.</td></tr>
<tr><td>Otras actividades de evaluación</td><td>Peso:</td><td>20%</td></tr>
<tr><td colspan="3">Las otras actividades de evaluación consistirán en controles parciales, resolución de problemas o trabajos.
La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Calificación final</th></tr>
<tr><td colspan="3">Calificación final:
$$C_{Final} = \max \{ 0.8\ N_{Exam} + 0.2\ N_{OtrasActiv} , N_{Exam} \}$$
Nota mínima de otras actividades de evaluación para aplicar el cálculo anterior: $N_{OtrasActiv} \geq 3.5$
Si $N_{OtrasActiv} < 3.5$, la nota en actas será $C_{Final} = 0.8\ N_{Exam} + 0.2\ N_{OtrasActiv}$
Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.</td></tr>
</table>

Grado en Física (curso 2025-26)

Termodinámica del No-Equilibrio		Código	800508	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Obligatoria de Física Fundamental	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer el formalismo termodinámico aplicable a sistemas fuera del equilibrio.
- Ser capaz de aplicar la termodinámica del no equilibrio al estudio de procesos en diferentes sistemas físicos.
- Ser capaz de comprender el comportamiento de sistemas muy alejados del equilibrio.
- Conocer las limitaciones de la termodinámica en tiempo infinito.

Breve descripción de contenidos

Leyes de conservación. Ecuaciones de balance. Ecuaciones fenomenológicas. Relaciones de Onsager. Estados estacionarios. Producción mínima de entropía. Aplicaciones: procesos en sistemas homogéneos, continuos y heterogéneos. Sistemas muy alejados del equilibrio. Termodinámica en tiempo finito.

Conocimientos previos necesarios

Termodinámica. Laboratorio de Física II (Termodinámica). Cálculo. Tensores.

Profesor/a coordinador/a	Armando Relaño Pérez		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	01.110.0	e-mail	armando.relano@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	M, J	9:00 – 10:30	Juan Pedro García Villaluenga	Todo el cuatrimestre	45	T/P	EMFTEL
B (inglés)	3 11	Mo Th	10:30-12:00 9:00-10:30	Miguel Ruiz García	Full term	45	T/E	EMFTEL
C	2	X V	11:30 – 13:00 12:00 – 13:30	Chantal Valeriani	Se alternarán a lo largo del curso	30	T/P	EMFETL
				Luis Dinís Vizcaíno		15	P	
D	2	L X	17:00 – 18:30 16:30 – 18:00	Armando Relaño Pérez	Todo el cuatrimestre	45	T/P	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Juan Pedro García Villaluenga	V 9:00-12:00 h (+3 h no presenciales)	jpgarcia@ucm.es	01.117.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Valeriani Chantal	L,M:X: 13:30-15:30 y online	cvaleriani@ucm.es	01.119.0
	Luis Dinis Vizcaíno	L 14:30-15:30 h J 11-12 h V 10:30-11:30 h (+3 h online)	ldinis@ucm.es	03.215.0
D	Armando Relaño Pérez	L,X: 11:00-13:00 Las dos horas restantes, online o previa petición de cita por correo electrónico	armando.relano@fis.ucm.es	01.110.0

Programa de la asignatura

1. **Revisión de los fundamentos de la Termodinámica del equilibrio.**
   Principios de la Termodinámica. Ecuación fundamental de la Termodinámica. Potenciales termodinámicos. Equilibrio y estabilidad. Reacciones químicas.
2. **Descripción del formalismo termodinámico. Leyes de conservación y ecuaciones de balance.**
   Postulado de equilibrio local. Ecuaciones de evolución para la masa, energía, momento, carga y concentración. Formulación local del Segundo Principio de la Termodinámica. Flujo de entropía y producción de entropía.
3. **Termodinámica de los Procesos Irreversibles. Régimen lineal.**
   Ecuaciones y coeficientes fenomenológicos. Relaciones de reciprocidad de Onsager. Principio de Curie.
4. **Estados estacionarios**
   Producción de entropía. Teorema de mínima producción de entropía y sus limitaciones
5. **Procesos simples**
   Balance entrópico. Ecuaciones fenomenológicas y relaciones recíprocas de Onsager. Conducción térmica. Difusión simple. Conducción eléctrica. Reacciones químicas.
6. **Procesos acoplados**
   Balance entrópico. Ecuaciones fenomenológicas y relaciones recíprocas de Onsager. Termoelectricidad. Termodifusión. Reacciones químicas acopladas. Motores moleculares. Efectos electrocinéticos y procesos en membranas.
7. **Introducción a los sistemas muy alejados del equilibrio. Régimen no lineal.**
   Estabilidad en sistemas alejados del equilibrio. Bifurcaciones.
8. **Estructuras disipativas.**
   Patrones termo-hidrodinámicos: convección de Rayleigh-Bénard, convección de Bénard-Marangoni, vórtices de Taylor. Sistemas químicos oscilantes: Brusselator, Belousov-Zhabotinsky. Patrones espacio-temporales: estructuras Turing, simetría quiral.
9. **Termodinámica en Tiempo Finito.**
   Revisión del ciclo de Carnot. Sistemas endorreversibles.

Bibliografía

Básica:

- Kondepudi, D., Prigogine, I. *Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures.* (Wiley Interscience, London). 1998
- Prigogine, I. *Introducción a la Termodinámica de los Procesos Irreversibles.* (Selecciones Científicas, Madrid). 1974
- Lebon, G., Jou, D., Casas-Vázquez, J. *Understanding Non-Equilibrium Thermodynamics: Foundations, Applications, Frontiers.* (Springer-Verlag, Berlin). 2008
- R. Haase. Thermodynamics of Irreversible Processes, (Dover, London). 1990.
- García Villaluenga, J.P., Relaño Pérez, A. Termodinámica en sistemas fuera del equilibrio. (Ediciones Complutense, Madrid). 2018

Complementaria:

- De Groot, S.R., Mazur, P. Non-Equilibrium Thermodynamics. (Dover, London). 1984
- Demirel, Y. Nonequilibrium Thermodynamics. (Elsevier, Amsterdam). 2007
- Jou, D., Llebot, J.E. Introducción a la Termodinámica de los Procesos Biológicos. (Editorial Labor, Barcelona). 1989
- Glandsdorff, P., Prigogine, I. Structure, Stability and Fluctuations. (Wiley Interscience, London). 1971
- Nicolis, G., Prigogine, I. Self-organization in nonequilibrium systems. From dissipative structures to order through fluctuations. (Wiley Interscience, New York). 1977

Recursos en internet

En Campus virtual de la UCM: https://www.ucm.es/campusvirtual

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia.

• Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas. Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en clase.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Se realizará un examen final consistente en cuestiones teórico-prácticas y problemas. Para la realización del examen se podrán consultar las notas de clase y libros de teoría, de libre elección por parte del alumno.

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

Se podrán realizar las siguientes actividades de evaluación continua:

• Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso, de forma individual o en grupo.
• Pruebas online.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final
Calificación final: $C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$ Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$ Si $N_{Exam} < 4$ la nota en actas será $C_{Final} = N_{Exam}$ Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Mecánica Cuántica		Código	800509	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Obligatoria de Física Fundamental	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Comprender el concepto de estado cuántico e introducir la información cuántica.
- Entender la teoría de colisiones en mecánica cuántica.
- Comprender las simetrías microscópicas en mecánica cuántica.
- Aplicar los métodos de aproximación dependientes del tiempo en mecánica cuántica.

Breve descripción de contenidos

Estados puros y mezclas; simetrías discretas y continuas; rotaciones y momento angular; sistemas compuestos, información y computación cuántica; teoría de perturbaciones dependiente del tiempo; teoría de colisiones.

Conocimientos previos necesarios

Cálculo, Álgebra lineal, Álgebra y Cálculo vectoriales. Los contenidos de los programas de Física Cuántica I y II.

Profesor/a coordinador/a	Felipe J. Llanes Estrada		Dpto.	FT
	Despacho	03.307.0	e-mail	fllanes@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	M, J	10:30–12:00	Felipe Llanes Estrada	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FT
B (inglés)	3 11	Mo Th	9:00-10:30 10:30-12:00	José Ramón Peláez Sagredo	Full term	39	T/E	FT
				Alba Reyes Torrecilla		6	E	
C	2	X V	13:00–14:30 13:30–15:00	Felipe Llanes Estrada	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FT
D	2	M, J	17:00–18:30	José Ramón Peláez Sagredo	Todo el cuatrimestre	39	T/P	FT
				Alba Reyes Torrecilla		6	P	FT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Felipe Llanes Estrada	1er. semestre L: 10:30-13:00 J: 9:00-10:30 V: 11:00-13:00 2º semestre M,J 12:00-13:00 X,V: 10:00-12:00	fllanes@fis.ucm.es	03.307.0
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Felipe Llanes Estrada	1er. semestre L: 10:30-13:00 J: 9:00-10:30 V: 11:00-13:00 2º semestre M,J 12:00-13:00 X,V: 10:00-12:00	fllanes@fis.ucm.es	03.307.0
D	José Ramón Peláez Sagredo	1er. sem L, X: 15:30-18:30 2 sem L:10:30-12:30 M, J: 15:00-17:00	jrpelaez@fis.ucm.es	02.319.0
	Alba Reyes Torrecilla	M: 15:00 - 17:00	albrey01@ucm.es	03.304.0

Programa de la asignatura

Formalización de la Mecánica Cuántica
Estados puros y mezclas. Formulación de la mecánica cuántica para estados mezcla. Observables y medidas. Evolución temporal y sus imágenes. Constantes del movimiento.

Simetrías en Mecánica Cuántica.
Transformaciones de simetría. Simetrías continuas y discretas. Cantidades conservadas. Traslaciones. Rotaciones. Paridad e inversión temporal. Simetría de intercambio de partículas indistinguibles. Simetrías internas.

Perturbaciones Dependientes del Tiempo.
Desarrollo perturbativo de las amplitudes de transición. Transición a espectro continuo: regla de oro de Fermi. Las aproximaciones adiabática y repentina.

Teoría de la Dispersión no Relativista.
Secciones eficaces diferencial y total. Amplitud de difusión. Aproximación de Born. Dispersión por un potencial central. Desarrollo en ondas parciales y desfasajes. Resonancias.

Introducción a la Información Cuántica.
Entropía de von Neumann. Sistemas bipartitos, qubits y estados entrelazados puros. Desigualdades de Bell. Nociones de computación cuántica.

Bibliografía

(En orden alfabético)

Básica:

• *G. Auletta, M. Fortunato, G. Parisi, Quantum Mechanics, Cambridge University Press.*

• *L.E. Ballentine, Quantum Mechanics: A Modern Development, World Scientific.*

• *G. Benenti, G. Casati, G. Strini, Principles of Quantum Computation and Information - Vol.1: Basic Concepts, World Scientific.*

• *C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantum Mechanics Vol. I & II. John Wiley & Sons.*

• *L. Landau, E.M. Lifshitz, Quantum Mechanics, Buttenworth-Heinemann.• L.I. Schiff, Quantum Mechanics, McGraw-Hill.*

• *A. Galindo y P. Pascual, Mecánica Cuántica Vol. I y II. Eudema Universidad.*

• *J.J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics, Addison-Wesley.*

• *R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Plenum Press.• D.J. Griffiths, Introduction to quantum mechanics, Prentice Hall.*

• *J. R. Taylor, Scattering Theory, Dover*

Complementaria:

• *J. Audretsch, Entangled Systems, Wiley-VCH.*

• *J.L. Basdevant and J. Dalibard Quantum mechanics, Springer.*

• *E. d'Emilio, L.E. Picasso, Problems in Quantum Mechanics: with solutions. Springer.*

• *K.T. Hecht, Quantum Mechanics, Springer.*

• *M. Le Bellac, Quantum Physics, Cambridge University Press.*

• *E. Merzbacher, Quantum Mechanics, John Wiley.*

• *A. Messiah, Quantum Mechanics, Dover.*

• *L. E. Picasso, Lectures in Quantum Mechanics: A Two-Term Course. Springer.*

• *F. Schwabl, Quantum Mechanics, Springer.*

Recursos en internet

Las hojas de problemas y otros materiales se proporcionarán preferentemente por el campus virtual de la asignatura.

Texto de acceso libre: https://phys.libretexts.org/Bookshelves/Quantum_Mechanics

Metodología

Se impartirán clases, en la pizarra, en las que se explicarán y discutirán los diversos temas del programa. Los conceptos y técnicas introducidos en la explicación de los temas se ilustrarán con

ejemplos y problemas que se resolverán en clase. Se estimulará la discusión, individual y en grupo, con los alumnos de todos los conceptos y técnicas introducidos en clase.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10. Se realizará un examen final escrito. El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y/u otra parte de problemas de nivel similar a los resueltos en clase.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Realización de pruebas escritas en horario de clase y/o actividades de evaluación continua fuera de él, consistentes en cuestiones cortas, de test y/o la realización de ejercicios teóricos, prácticos y/o computacionales. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.		
Calificación final		
Calificación final: $$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$ Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$ Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Física de la Atmósfera		Código	800511	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Obligatoria de Física Aplicada	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS	6	4.2	1.8	
Horas presenciales	45	31	6.5	7.5

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer las principales características y procesos físicos que regulan el comportamiento de la atmósfera.
- Identificar las leyes físicas (radiación, termodinámica, dinámica) que gobiernan los principales procesos atmosféricos.
- Reconocer el papel de la atmósfera como componente principal del sistema climático, e identificar los aspectos básicos de la Física del cambio climático.
- Aplicar los conocimientos adquiridos a supuestos prácticos mediante la resolución de problemas y la realización de prácticas.

Breve descripción de contenidos

Composición de la atmósfera; radiación solar y terrestre, balance de energía; vapor de agua y formación de nubes; ecuación de movimiento del aire; análisis y predicción del tiempo; cambios climáticos.

Profesor/a coordinador/a	Carlos Yagüe Anguís	Dpto.	FTA
	Despacho 04.110.0	e-mail	carlos@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	M, J	9:00 – 10:30	Carlos Yagüe Anguís	Todo el semestre	37,5	T/P	FTA
B	19 14	X V	10:00 – 11:30 10:30-12:00	Blanca Ayarzagüena Porras	Todo el semestre	37,5	T/E	FTA
C	14	L, X	15:30 – 17:00	José Manuel Garrido Pérez	Todo el semestre	37,5	T/P	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
LA1	AI(A15)	26 marzo y 16,23,30 de abril, de 9:00 a 10:30	Carlos Yagüe Anguís	6	FTA
	Lab. prácticas de Meteorología y Geofísica (4ª planta)	5 de mayo		1,5	
LA2	AI(A15)	26 marzo y 16,23,30 de abril, de 9:00 a 10:30	Diego García Maroto	6	
	Lab. prácticas de Meteorología y Geofísica (4ª planta)	5 de mayo		1,5	
LB	AI(A15)	25 marzo y 10,17,24 de abril, de 10:00 a 11:30	Tahimy Fuentes Álvarez	6	
	Lab. prácticas de Meteorología y Geofísica (4ª planta)	8 de mayo		1,5	
LC	AI(A15)	25 marzo y 15,22,29 de abril, de 15:30 a 17:00	José Manuel Garrido Pérez	6	
	Lab. prácticas de Meteorología y Geofísica (4ª planta)	6 de mayo		1,5	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Carlos Yague Anguís	M: 11.30h-14.30h Resto on line	carlos@ucm.es	04.110.0
B	Blanca Ayarzagüena Porras	L: 10.30h-12.00h X: 12.30h-14.00h Resto on-line	bayarzag@ucm.es	04.233.0
C	José Manuel Garrido Pérez	M-J:13:30-15:00 Resto on line	josgarri@ucm.es	04.230.0

Programa de la asignatura

Teoría

1. INTRODUCCIÓN. La Física de la Atmósfera. Composición del aire. Origen de la atmósfera terrestre. Distribución vertical de la masa atmosférica. La distribución vertical de temperatura.

2. PROCESOS TERMODINÁMICOS FUNDAMENTALES EN LA ATMÓSFERA. Ecuación de estado del aire. La temperatura virtual. Ecuación de la hidrostática. Procesos adiabáticos. Temperatura potencial.

3. EL VAPOR DE AGUA EN LA ATMÓSFERA. Fases del agua en la atmósfera. El concepto de saturación. Índices de humedad del aire. Medidas de humedad del aire. Formación de nieblas y nubes.

4. ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA Y EL DESARROLLO DE NUBES. Ascenso de parcelas de aire: variación de temperatura. Gradientes adiabáticos del aire seco y del aire saturado. Ascensos adiabáticos y pseudoadiabáticos. La estabilidad de estratificación atmosférica. La convección y el desarrollo de nubes. Diagramas termodinámicos.
5. EL BALANCE DE ENERGIA. Formas de transferencia de calor en la atmósfera. La radiación solar y terrestre. Leyes fundamentales de la radiación. Absorción, emisión y equilibrio. El efecto invernadero. Balance de energía global. Implicaciones en estudios de Cambio Climático. Variación latitudinal del balance de energía
6. LA TEMPERATURA. Variaciones estacionales de temperatura en cada hemisferio: causa y efectos. Las variaciones locales de temperatura en cada estación. Evolución diaria de la temperatura. Medidas de la temperatura del aire.
7. CAMPO DE PRESIONES Y VIENTO. La presión atmosférica. Variación con la altura. Fuerzas que influyen en el movimiento del aire. Viento geostrófico. Viento del gradiente. Efecto del rozamiento superficial.
8. ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DEL TIEMPO. La red meteorológica mundial. Los mapas meteorológicos. Métodos de predicción mediante mapas meteorológicos. La predicción meteorológica actual. Modelos numéricos. Predecibilidad del tiempo.

Prácticas (5 sesiones).

Se realizarán cinco sesiones de prácticas (4 en el aula de informática y 1 en el Laboratorio de Prácticas de Meteorología y Geofísica, 4ª planta).

Bibliografía

BÁSICA

*** C.D. Ahrens y R. Henson (2019). Meteorology Today, 12th edición. Cengage. También recurso electrónico biblioteca UCM: https://ucm.on.worldcat.org/oclc/1227788986

*** J.M. Wallace & P.V. Hobbs (1977, 1ªedición; 2006, 2ª edición). Atmospheric Science: An Introductory Survey.Academic Press. Elsevier

COMPLEMENTARIA

*R.B. Stull (2000). Meteorology for Scientists and Engineers, 2ª ed. Brooks/Cole Thomson Learning.

*I. Sendiña Nadal y V. Pérez Muñuziri (2006). Fundamentos de Meteorología. Academic Press.Universidad de Santiago de Compostela (Servicio Publicaciones).

*M. Ledesma Jimeno (2011). Principios de Meteorología y Climatología. Ediciones Paraninfo S.A.

*Zúñiga López, Ignacio; Crespo del Arco, Emilia; Fernández Sánchez, Julio; Santos Burguete,Carlos (2016). Problemas de meteorología y climatología. UNED.

Recursos en internet

Campus virtual

Laboratorio virtual de Meteorología y Clima: http://meteolab.fis.ucm.es/

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

▪Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la Física de la Atmósfera,incluyendo ejemplos y aplicaciones reales y operativas.

▪Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada.

▪Realización de cuestionarios y/o ejercicios prácticos a través del Campus Virtual.

▪ Se impartirán 4 sesiones prácticas en el Aula de Informática y 1 en el Laboratorio de Prácticas de Meteorología y Geofísica (4ª planta) (experimentos de cátedra apoyados por la herramienta Meteolab). Todas ellas serán de 90 minutos cada una y servirán para reforzar los conocimientos teóricos adquiridos.

Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. Ocasionalmente las lecciones se podrán ver complementadas con casos reales de situaciones meteorológicas concretas.

Las presentaciones de las lecciones, así como la lista de problemas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual con antelación suficiente.

Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entrega de los problemas y prácticas propuestos para este fin, en las fechas que determine el profesor.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Se realizará un Examen Final que podrá contener preguntas tipo test, preguntas cortas de razonamiento teórico-práctico y/o problemas. Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

A lo largo del curso, como parte de la evaluación continua, el alumno entregará de forma individual los problemas y otros ejercicios que le indique el profesor en las fechas que éste determine.

Podrá realizarse alguna prueba parcial en horario de clase que puede consistir en preguntas tipo test y/o ejercicios teórico-prácticos. Esta posible prueba será anunciada con antelación a lo largo del curso y a través del Campus Virtual.

Las Prácticas de Laboratorio, que serán de asistencia obligatoria, se realizarán según la programación. Los alumnos entregarán un informe/memoria para cada una de ellas.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv}$$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Física de la Tierra		Código	800512	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Obligatoria de Física Aplicada	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS	6	4.2	1.8	
Horas presenciales	45	31	9.5	4.5

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Aplicar los principios de la Física al estudio de la Tierra.
- Conocer los procesos físicos fundamentales de la Tierra y aplicar métodos matemáticos para su comprensión y análisis.
- Conocer las técnicas básicas para estudiar las propiedades físicas, estructura y dinámica de la Tierra.
- Conocer los métodos de búsqueda de recursos y de evaluación y mitigación de riesgos naturales.
- Reconocer la influencia de las propiedades físicas de la Tierra en toda observación y experimento físico (LHC, satélites, etc.)

Breve descripción de contenidos

Estructura de la Tierra; radiactividad, edad y flujo térmico; campo de la gravedad; campo magnético terrestre: campo interno y campo externo; anomalías gravimétricas y magnéticas; Física de los terremotos, ondas sísmicas.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos de Física y Matemáticas a nivel de 2º de Grado en Física

Profesor/a coordinador/a	Fátima Martín Hernández		Dpto.	FTA
	Despacho	04.102.0	e-mail	fatima@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	M,J	10:30 – 12:00	Juan José Ledo Fernández	Todo el semestre	40,5	T/P	FTA
B	19 14	X V	11:30-13:00 12:00-13:30	Fátima Martín Hernández	Todo el semestre	40,5	T/E	FTA
C	14	L X	14:00-15:30	Vicente Carlos Ruíz Martínez	Todo el semestre	40,5	T/P	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Juan José Ledo Fernández	X: 13.00h-16.00h J: 09.00h-10.30h online	jledo@ucm.es	04.214.0
B	Fátima Martín Hernández	V: 10:00-13:00 +3h online	fatima@ucm.es	04.102.0
C	Vicente Carlos Ruíz Martínez	L: 12.00h-13:30h V: 12:30h-14:00h Resto on line	vcarlos@ucm.es	04.111.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
LA1	A2-A3	26/02/2026 10:30-12:00	Mario Serrano Sánchez-Bravo	4.5	FTA
	A3	19/03/2026 10:30-12:00			
	A3	23/04/2026 10:30-12:00			
LA2	A2-A3	26/02/2026 10:30-12:00	María del Carmen Romero Toribio	4.5	FTA
	A3	19/03/2026 10:30-12:00			
	A3	23/04/2026 10:30-12:00			
LB	A2	25/02/2026 11:30-13:00	Martín Bengoechea Albala	4.5	FTA
	A3	20/03/2026 12:00-13:30			
	A3	24/04/2026 12:00-13:30			
LC	A2	26/02/2026 14:00-15:30	Carlos Giménez Berenguer	4.5	FTA
	A3	18/03/2026 14:00-15:30			
	15	22/04/2026 14:00-15:30			

Programa de la asignatura

1. INTRODUCCIÓN. La edad de la Tierra, la Tierra en el Universo. Composición y estructura. Fundamento Físico de los métodos de datación. Edades

2. GRAVEDAD Y FIGURA DE LA TIERRA. Potencial gravitatorio. Rotación de la Tierra. Figura de la Tierra. El geoide, el elipsoide y Gravedad normal.

3. MEDIDAS Y ANOMALÍAS DE LA GRAVEDAD. Medidas de gravedad, el gravímetro. Correcciones y reducciones a la medida. Anomalías gravimétricas. Isostasia. Interpretación de anomalías locales, regionales y globales.

4. GEOMAGNETISMO. Fuentes del campo magnético terrestre. Componentes del campo magnético terrestre origen interno y externo. Geodinamo. Magnetosfera.

5. CAMPO MAGNÉTICO INTERNO Y EXTERNO DE LA TIERRA. Campo dipolar. Polos geomagnéticos y coordenadas geomagnéticas. Campo no dipolar. Campo geomagnético internacional de referencia. Variación temporal del campo interno. Origen del campo interno.

Paleomagnetismo. Polos Virtuales Geomagnéticos y Paleomagnéticos. Anomalías Magnéticas. Origen del campo externo. Estructura de la magnetosfera-Ionosfera. Variaciones del campo externo: tormentas magnéticas. Auroras

6. GENERACIÓN Y PROPAGACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS. Mecánica de un medio elástico: parámetros elásticos de la Tierra. Ondas sísmicas: internas y superficiales. Reflexión y refracción de ondas internas. El sismógrafo. Propagación de las ondas de terremotos. Dromocronas.

7. ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA. Variación radial de la velocidad de las ondas sísmicas. Modelos de Tierra de referencia. Estratificación física y composicional de la Tierra. Densidad, gravedad y presión dentro de la Tierra. Aplicaciones: Tomografía sísmica.

8. TERREMOTOS. Localización y hora origen. Sismicidad global en relación con los límites de placas. Tamaño de un terremoto: intensidad, magnitud, energía. Ley de Gutenberg-Richter.

9. ESTADO TÉRMICO DE LA TIERRA. Fundamentos flujo de calor en la Tierra. Distribución de temperatura en el interior de la Tierra. Fuentes de calor. Flujo térmico. Transporte de calor. Aplicaciones: Cálculo de espesores de cuencas oceánicas.

10. DINÁMICA DE LA TIERRA. Movimiento de las placas tectónicas. Velocidades relativas. Ciclo de Wilson.

Prácticas (3 sesiones impartidas por los dos profesores de cada grupo):

1. Práctica de gravimetría.

Lugar: Aula de informática.

2. Práctica de Paleomagnetismo.

Lugar: Aula de informática y laboratorio de paleomagnetismo.

3. Práctica de Sismología.

Lugar: Exteriores de la Facultad.

Bibliografía

BÁSICA

- A. Udías y J. Mezcua (1997). Fundamentos de Geofísica. Textos. Alianza Universidad
- W. Lowrie (2007, 2ª edición). Fundamentals of Geophysics. Cambridge Univ.
- C. Clauser (2024, 1ª Edición). Introduction to Geophysics. Springer.

COMPLEMENTARIA

- C.M. Fowler (2005). *The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics.* Cambridge University Press.
- N. H. Sleep y K. Fujita (1997). *Principles of Geophysics.* Blackwell Science.
- E. Buforn, C. Pro y A. Udías. 2012, *Solved problems in Geophysics*. Cambridge University Press.
- E. Buforn, C. Pro, A. Udías. (2010). *Problemas resueltos de Geofísica.* Pearson Education S. A

Recursos en internet

Campus virtual

Portales bibliográficos (p.e. Web of Science)

Cursos en abierto, enlaces a publicaciones y noticias científicas, y visualizadores de datos geo-científicos

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

1. Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la Física de la Tierra, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales.

2. Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se

complementen adecuadamente.

3. Prácticas: se llevarán a cabo tres prácticas.

Como parte de la evaluación continua, los estudiantes deberán realizar tests en el campus virtual y/o entregar ejercicios resueltos individualmente. Además se contempla la realización de presentaciones individuales o colectivas

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

El examen consistirá en una serie de cuestiones teóricas y prácticas (de nivel similar a las resueltas en clase).

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

A lo largo del curso el/la estudiante entregará de forma individual los problemas, actividades e informes de prácticas, así como cuestiones que le indique el profesor en las fechas que éste determine. También se considerarán en este apartado las actividades colectivas.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv}$$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Instrumentación Electrónica		Código	800519	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS	6	4	2	
Horas presenciales	45	30	10.5	4.5

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Adquirir destrezas en diferentes materias transversales para poder aplicarlas en las asignaturas de cuarto curso.
- Conocer los conceptos elementales de circuitos electrónicos. Adquirir conceptos básicos de electrónica digital. Tener un conocimiento global de los equipos electrónicos habituales usados en la Física y disciplinas afines y del análisis de señales.

Breve descripción de contenidos

Circuitos y medidas eléctricas.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos de electromagnetismo básico. Circuitos en continua y alterna. Representación fasorial. Circuitos magnéticos. Conocimientos básicos de cristalografía y de teoría de bandas.

Profesor/a coordinador/a	Rodrigo García Hernansanz		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.206.0	e-mail	rodgar01@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	M.J	12:00 – 13:30	Rodrigo García Hernansanz	Todo el cuatrimestre	40.5	T/P	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Laboratorio Electrónica (109.0 planta sótano)	Martes por determinar de 12:00 a 13:30	Rodrigo García Hernansanz	4.5	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Rodrigo García Hernansanz	1er. cuatrimestre: L y J:10:00-12:00 Escribir correo para concertar cita 2º cuatrimestre X y V: 10:00-12:00 Escribir correo para concertar cita	rodgar01@ucm.es	03.206.0

Programa de la asignatura

Tema 0: Introducción a la instrumentación electrónica

Historia de la Instrumentación electrónica. La instrumentación en la física actual, casos prácticos: Detección de partículas elementales; Sensores CCD de alta sensibilidad; detección de fotones de baja energía en circuitos fotónicos; microprocesadores de última generación para computación.

Tema 1: Principios básicos de circuitos electrónicos.

Elementos básicos y análisis de circuitos. Leyes de Kirchhoff y teoremas de Thevenin y de Norton. La transformada de Fourier: el dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia. Circuitos lineales. Filtros pasivos. Simulación de circuitos electrónicos mediante software (LTSPICE, PSPICE).

Tema 2: Dispositivos basados en semiconductores.

Unión pn: Diodos. Rectificación y filtrado: Fuentes de Alimentación. Transistor de efecto campo.

Tema 3: Adecuación de la señal

Amplificación. Realimentación de amplificadores. Amplificador operacional: Tipos. Osciladores: tipos.

Tema 4: Sensores

Tipos de sensores: resistivos, capacitivos, inductivos. Sensores generadores de señal. Medida del tiempo: osciladores, contadores. Sensores de temperatura: termistores, termopares, diodos. Medidas de longitud: LVDT, cristal de cuarzo. Sensores de campo magnético: efecto Hall. Sensores de presión. Sensores de luz: Fotodiodos, conteo de fotones. Formación de Imagen: CCD.

Tema 5: Sistemas digitales de adquisición de datos

Representación digital de una señal analógica. Conversión analógico/digital y digital/analógico. El microcontrolador.

Bibliografía

- Neil Storey “Electronics. A systems approach” Pearson 2009
- M. A. Pérez García. Instrumentación electrónica**.** *Editorial Paraninfo, 2014.*

Recursos en internet
Todos los recursos de la asignatura estarán accesibles en el Campus Virtual de la UCM: http://www.ucm.es/campusvirtual

Metodología
La metodología de esta asignatura va a tener dos bloques esenciales. Por un lado, se impartirán clases de teoría en donde el profesor explicará los conceptos fundamentales de la instrumentación electrónica. En estas sesiones se fomentará la participación de los alumnos y se resolverán problemas similares a los que luego se propondrán en el examen. Estas sesiones se impartirán en el aula utilizando preferentemente la pizarra, y proyecciones complementarias. Los temas impartidos en estas sesiones será el contenido del examen final de la asignatura. Con respecto a la evaluación continua de la asignatura, se propondrá a los alumnos un problema entregable por cada tema de teoría. Así mismo, se realizarán prácticas en el laboratorio en donde se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos en teoría

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación final del apartado realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10. El examen consistirá en una prueba escrita en donde se preguntarán cuestiones y problemas similares a los propuestos en clase de teoría.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Habrá actividades que contarán para la evaluación final como evaluación continua: - Problemas entregables: El profesor propondrá problemas a los alumnos, que tendrán que resolver individualmente y entregar. Cada uno de esos problemas entregables se evaluará de 0 a 10 puntos. La nota final de este apartado será la media aritmética de todos los entregables propuestos. - Prácticas: Se realizarán prácticas por parejas en el laboratorio de alumnos. Por cada práctica, la pareja debe entregar un informe. Los informes se evaluarán de 0-10 puntos y la nota final de este apartado será la media aritmética de todas ellas. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.		
Calificación final		
Calificación final: $$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , N_{Exam} \}$$ Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$ Para poder hacer media con la parte de evaluación continua, será imprescindible entregar todos los elementos descritos en el apartado “otras actividades de evaluación” de esta guía. Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Estadística y Análisis de Datos		Código	800521	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS	6	4	2	
Horas presenciales	45	27	3	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
● Adquirir destrezas en diferentes materias transversales para poder aplicarlas en las asignaturas de cuarto curso. ● Ser capaz de llevar a cabo un análisis estadístico eficaz para interpretar los datos de un experimento.
Breve descripción de contenidos
Introducción general a la estadística y su aplicación al tratamiento de datos.
Conocimientos previos necesarios
Matemáticas a nivel de 1º de Grado en Física: cálculo de derivadas e integrales.

Profesor/a coordinador/a	Sergio Pascual Ramírez		Dpto.	FTA
	Despacho	00.315.0	e-mail	sergiopr@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	L	10:30 – 12:30	Sergio Pascual Ramírez	Todo el cuatrimestre	30	T/P	FTA
B	10	V	15:00 – 17:00	Carlos Ordóñez García	Todo el cuatrimestre	30	T/P	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
LA1	Aula A1 Informática	10 M de 12:00-13:30	Sergio Pascual Ramírez	15.0	FTA
LA2	Aula A2 Informática	10 V de 10:30-12:00	Miguel Andrés Martín	15.0	FTA
LA3	Aula A2 Informática	10 V de 15:00-16:30	Miguel Andrés Martín	15.0	FTA
LB1	Aula A1 Informática	10 M de 13:30-15:00	David Alonso López	15.0	FTA
LB2	Aula A1 Informática	10 J de 13:30 – 15:00	Paula Macías Pardo	15.0	FTA
LB3	Aula A1 Informática	10 L de 10:30 – 12:00	Diego García Maroto	15.0	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Carlos Ordóñez García	1er sem: X: 15.00h-16.30h J: 10:00h-11:30h 2º sem:: M, V: 10:30h-12:00h Resto on-line	carlordo@ucm.es	00.320.0
B	Sergio Pascual Ramírez	1er sem: M, J: 12.00h-13.30h 2º sem: M, X: 12:00h-13:30h Resto on-line	sergiopr@fis.ucm.es	00.315.0

Programa teórico de la asignatura

1. **Introducción**:
   - Introducción a la asignatura
   - El método científico y el proceso experimental
2. **Introducción al paquete estadístico R:**
   - Introducción a R
   - Características generales
   - Estructuras de datos
   - Operaciones básicas
   - Estructuras de control
   - Lectura y escritura de datos
   - Paquetes y ejemplos en R
   - Gráficos
   - Scripts
   - Referencias
3. **Estadística descriptiva**:
   - Definiciones básicas
   - Distribuciones de frecuencias
   - Representaciones gráficas
   - Medidas características de una distribución
   - Variables estadísticas bidimensionales
4. **Distribuciones de probabilidad**:
   - Leyes de probabilidad
   - Variables aleatorias
   - Distribuciones de probabilidad
5. **Inferencia estadística**:
   - Teoría elemental del muestreo
   - Estimación de parámetros
6. **Contraste de hipótesis**:
   - Ensayos de hipótesis
   - Contrastes de hipótesis para una y dos poblaciones
   - Aplicaciones de la distribución χ^2
   - Análisis de varianza
7. **Regresión y correlación**:
   - Regresión lineal
   - Correlación
   - Inferencia estadística sobre la regresión
8. **Estadística no paramétrica**:
   - Introducción
   - Tests no paramétricos para una muestra
   - Tests no paramétricos para la comparación de muestras
   - Correlación no paramétrica
9. **Introducción a la estadística bayesiana**:
   - Problemas con la estadística convencional
   - ¿Qué es la probabilidad?
   - ¿Existe la objetividad en Ciencia?
   - El teorema de Bayes
   - Aplicaciones
   - Referencias

Programa práctico de la asignatura

Prácticas con R:

- Estadística descriptiva
- Distribuciones de probabilidad
- Simulación de distribuciones muestrales
- Contrastes de hipótesis
- Regresión y correlación lineal
- Métodos no paramétricos

Bibliografía

ESTADÍSTICA CONVENCIONAL:

- *Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias*, Gorgas, Cardiel y Zamorano 2009
- *Probabilidad y Estadística*, Walpole & Myers, McGraw-Hill 1992
- *Probabilidad y Estadística*, Spiegel, McGraw-Hill 1991

Ver bibliografía sobre R y estadística bayesiana en los temas correspondientes

Recursos en internet

Se utilizará el campus virtual.

Enlaces interesantes:

http://www.r-project.org

http://onlinestatbook.com/rvls.html

http://www.math.uah.edu/stat/

http://www.bayesian.org/

Metodología

Las clases de teoría se impartirán en un aula normal mientras que las prácticas de los laboratorios se llevarán a cabo en las aulas de informática. La asistencia a las clases en el aula de informática será obligatoria salvo causa justificada. Todo el material de teoría y prácticas proyectado en clase estará disponible en el campus virtual. Los estudiantes dispondrán de los enunciados de los problemas y prácticas con anterioridad a su resolución en clase. Las dudas sobre teoría y problemas de la asignatura podrán ser consultadas en el despacho de los profesores en horario de tutorías.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10. El examen, tanto en la convocatoria de junio como en la extraordinaria de junio-julio, tendrá una duración de 3 horas y consistirá en un pequeño bloque de cuestiones teórico-prácticas y de un conjunto de problemas y prácticas a resolver con un ordenador y usando el lenguaje R. Para la realización del examen (tanto teoría como práctica) se permitirá la utilización de apuntes, libros, ordenador propio y material almacenado en un pen-drive.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Los puntos de este apartado se obtendrán por la entrega de los trabajos prácticos realizados en R. La nota de actividades de evaluación continua realizadas durante el curso se guardará para la convocatoria extraordinaria. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.		
Calificación final		
Calificación final: $$C_{Final} = 0.6N_{Exam} + 0.4N_{OtrasActiv}$$ Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$ Si $N_{Exam} < 4$ la nota en actas será $C_{Final} = N_{Exam}$ El criterio de calificación final se mantendrá en la convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial		Código	800522	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Adquirir destrezas en diferentes materias transversales para poder aplicarlas en las asignaturas de cuarto curso.
- Desarrollar la capacidad de aplicar los conceptos y métodos de la geometría diferencial y el cálculo tensorial a problemas de Física clásica y cuántica.

Breve descripción de contenidos

Geometría diferencial, cálculo tensorial y aplicaciones en la física.

Conocimientos previos necesarios

Álgebra, cálculo de una y varias variables, y ecuaciones diferenciales.

Profesor/a coordinador/a	Gabriel Álvarez Galindo		Dpto.	FT
	Despacho	02.317.0	e-mail	galvarez@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	L X	10:30 – 12:00 10:00 – 11:30	Francisco Navarro Lérida	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FT
B (inglés)	3 11	Mo Th	12:00-13:30	Gabriel Álvarez Galindo	Full term	45	T/E	FT
C	2	M V	12:00- 13:30 10:30 – 12:00	Beatriz Seoane Bartolomé	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FT

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Francisco Navarro Lérida	1er. semestre: L, M: 15:30-17:30 V: 11:00-13:00 2º semestre L: 12:30-14:00 y 15:30-17:30 X: 12:00-14:30	fnavarro@fis.ucm.es	03.306.B
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)			
C	Beatriz Seoane Bartolomé	V:12:00-14:00 y 14:30-15:30 L: 10:00-13:00 online	beseoane@ucm.es	02.324.0

Programa de la asignatura

1. **Teoría de curvas**
   Concepto de curva. Longitud de arco. Curvatura y torsión. Fórmulas de Frenet.
2. **Superficies: primera forma fundamental y cálculo tensorial**
   Concepto de superficie. Curvas en una superficie. Primera forma fundamental. Concepto de geometría riemanniana. Vectores covariantes y contravariantes. Fundamentos del cálculo tensorial. Tensores especiales.
3. **Superficies: segunda forma fundamental, curvatura media y curvatura gaussiana**
   Segunda forma fundamental. Curvaturas principales, curvatura media y curvatura gaussiana. Fórmulas de Weingarten y Gauss. Propiedades de los símbolos de Christoffel. Tensor de curvatura de Riemann. Teorema egregio de Gauss.
4. **Curvatura geodésica y geodésicas**
   Curvatura geodésica. Geodésicas. Arcos de longitud mínima: introducción al cálculo variacional. Teorema de Gauss-Bonnet.
5. **Derivación covariante y transporte paralelo**
   Derivación covariante. Identidad de Ricci. Identidades de Bianchi. Transporte paralelo.

Bibliografía

- E. Kreyszig, *Differential Geometry*, Dover (1991).
- B.A. Dubrovin, A.T. Fomenko, S.P. Novikov, *Modern Geometry–Methods and Applications (Part I. The Geometry of Surfaces, Transformation Groups, and Fields)*, Springer (1992).

Recursos en internet

Campus Virtual.

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

• Lecciones de teoría, en las que se explicarán los conceptos fundamentales de la asignatura, ilustrándose con ejemplos y aplicaciones.

• Clases prácticas de resolución de problemas.

Las lecciones de teoría y la resolución de problemas tendrán lugar fundamentalmente en la pizarra, aunque podrán ser complementadas con proyecciones con ordenador.

El profesor atenderá a los alumnos en el horario especificado de tutorías con objeto de resolver dudas o ampliar conceptos.

Se pondrá a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual una colección de problemas con antelación a su resolución en clase.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Calificación obtenida en el examen final de la asignatura, que constará de cuestiones teóricas y de problemas de dificultad similar a los resueltos en clase.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

Ejercicios entregados a lo largo del curso o realizados durante las clases, o controles parciales de la asignatura.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4.5$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

7. English Files for Third Year Subjects

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Quantum Physics II				Code	800513	Year	3rd	Sem.	1st
Module	General Core	**Topic**	Quantum physics and statistics			**Character**	Obligatory		

	Total	Theory	Problems
ECTS Credits	6	3.5	2.5
Semester hours	55	30	25

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- Spin, general angular momenta and their coupling in quantum mechanics.
- Identical particles and the Pauli exclusion principle.
- Elementary time-independent perturbation theory and its basic applications.

Brief description of contents

Spin and angular momentum. Pauli´s exclusion principle. Approximate methods for Schrödinger´s equation.

Requisites

Basic knowledge of the mathematical formulation of quantum mechanics. This includes the Schrödinger equation and the wave function, simple one-dimensional problems, and the commutation relations and the eigenvalue problem for orbital angular momentum.

Coordinator	Juan Manuel Rodríguez Parrondo		**Department**	EMFTEL
	Office	03.216.0	**e-mail**	parrondo@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	19	Mo We Th	10:00 – 11:00 10:30 – 12:00 11:00 - 12:30	Javier Rubio Peña	Full term	43	T/E	FT
				Álvaro Álvarez Domínguez		12	E	FT

T: Theory, P: Problems

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Javier Rubio Peña	Mo: 14:00-17:00 online Tu: 16:00-17:30 * We: 16:30-18:00 * * in-person (arranged previously by email)	javrub02@ucm.es	02.326.0

Syllabus

Review and expansion of the formalism of quantum mechanics. Physical states of a quantum system. Observables and operators. Results and probabilities of measurements. Physical state after a measurement. Time evolution. Composite systems. Definition of the density operator.

Spin and two-level systems. The Pauli and Goudsmit-Uhlenbeck hypotheses. The Stern-Gerlach experiment. Coupling of an electron to a magnetic field.

Angular momentum. General definition. Addition of two ½ angular momenta. Addition of two general angular momenta and Clebsch-Gordan coefficients.

Identical particles. Indistinguishable particles and symmetrization and antisymmetrization of the wave function. Systems of identical non-interacting particles.

Time-independent perturbation theory. The idea of perturbative expansions. Perturbation theory for nondegenerate states. Perturbation theory for degenerate states. Applications to the Hydrogen atom.

The variational method. General description of the method. Applications.

Time-dependent perturbation theory. Time-dependent Hamiltonians and perturbations. Fermi's golden rule and selection rules.

Bibliography

Basic:

• C. Cohen-Tannudji, B. Diu, F. Laloë, Quantum mechanics, vols I y II, John Wiley (New York 1977).

• S. Gasiorowicz, Quantum physics, 3rd edition, John Wiley (New York 2003)

Complementary

• D. J. Griffiths, Introduction to Quantum Mechanics. Prentice Hall (New York 1995).

• D. D. Fitts, Principles of quantum mechanics, as applied to chemistry and chemical physics, Cambridge University Press (Cambridge 1999).

• B. Schumacher, M. Westmoreland, Quantum processes systems, and information, Cambridge University Press (Cambridge 2010).

• L. Ballentine, Quantum Mechanics: A modern development, World Scientific Publishing (Singapore 1998).

• M. Alonso, E Finn, Quantum and statistical physics Fundamental University Physics, vol III),

Addison Wesley (Reading 1968).

Online resources

UCM's Virtual Campus.

Teaching method

• Theory lectures where the main concepts of the subject will be explained using the blackboard or computer-assisted projections, including examples and applications.
• Practical exercise sessions based on previously distributed sample sheets and involving active student participation.
• Office hours for addressing doubts, expanding on concepts or reviewing homework materials. Attending these tutoring sessions is highly recommended for a better understanding of the course.
Teaching materials will be accessible on the Virtual Campus.

Evaluation criteria

Exams	**Weight:**	75%

There will be a final exam, consisting of brief questions and problems of similar degree of difficulty to those in the sample sheets. To pass the subject, a minimum grade of 4.5 in the final examination will be required.

Other Activities	**Weight:**	25%

One or more of the following activities may be conducted:

• Problem-solving by students, these can be assigned as in-class exercises or as homework to be completed individually or in small groups.

• Mid-term tests, which might include written and oral questions.

Final Mark

Let FE and OA stand for the final examination and other activities marks,

FE = mark in final examination

OA = mark in other activities described above

Provided FE is larger than a minimum mark of 4.5, the grade in the subject will be calculated using the formula.

max (FE , 0.25*OA + 0.75*FE) .

If FE < 4.5, the grade in the subject will be FE.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Statistical Physics				Code	800514	Year	3rd	Sem.	1st
Module	General Core	**Topic**	Quantum physics and statistics			**Character**	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	6	3.5	2.5
Semester hours	55	30	25

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

By the end of this course, students will be able to:

- Understand the fundamental hypothesis of statistical mechanics.
- Apply the equilibrium probabilistic states (microcanonical, canonical, and grand canonical ensembles) to different physical situations and understand their connection with thermodynamic potentials.
- Use and understand the basic features of Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics.

Brief description of contents

Fundamental hypothesis: statistical models and thermodynamic properties of ideal systems; statistics of indistinguishable particles; introduction to interacting systems.

Prerequisites

Classical and quantum mechanics. Thermodynamics.

Coordinator	Ricardo Brito López		Dept.	EMFTEL
	Office	01.114.0	**e-mail**	brito@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	19	Mo Tu We	9:00 – 10:00 9:30 – 11:00 9:00 – 10:30	Juan Manuel Rodríguez Parrondo	Full term	55	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Juan Manuel Rodríguez Parrondo	1er. semestre L,X: 11:00-13:30 Resto online 2º semestre M:12:00-13:30 X:16:00-17:30 Resto online	parrondo@ucm.es	03.216.0

Syllabus

- Introduction

Overview and goals of the course. Mechanical and thermodynamical description of macroscopic systems. Probability.

- Foundations

Fundamental hypothesis: classical and quantum systems. Phase space and quantum states of a macroscopic system. Ergodicity. Thermodynamic limit.

- Microcanonical ensemble.

Entropy and temperature. Applications: the classical ideal gas and paramagnetism.

- Canonical ensemble.

Boltzmann distribution. Partition function. Helmholtz potential. Equipartition theorem. Applications: classical ideal gas, photons, and phonons.

- Grand canonical ensemble.

Chemical potential. Grand canonical distribution. Grand canonical potential. Average and dispersion of the number of particles. Equivalence among ensembles.

- Quantum ideal gases.

Quantum statistics: bosons and fermions. Occupation numbers. Classical limit. Virial expansion.

- Bose-Einstein ideal gas

Bose-Einstein condensation. Critical density and temperature. Thermodynamic properties of the Bose-Einstein gas.

- Fermi-Dirac ideal gas.

Fermi function and Fermi temperature. Electrons in metals. Sommerfeld expansion.

Bibliography

Basic:

• W. Greiner, L. Neise y H. Stöcker, Thermodynamics and Statistical Mechanics, Springer (1995).

• R. K. Pathria, Statistical Mechanics, Butterworth (2001).

• J. Ortín y J. M. Sancho, Curso de Física Estadística, Publicacions i Edicions, Universitat de Barcelona (2006).

• C. F. Tejero y J. M. R. Parrondo, 100 Problemas de Física Estadística, Alianza Editorial (1996)

Complementary:

• K. Huang, Statistical Mechanics, Wiley (1987).

• C. F. Tejero y M. Baus, Física Estadística de Equilibrio. Fases de la Materia, ADI (2000).

• H.B. Callen, Thermodynamics and an introduction to thermostatistics, 2ª edition, John Wiley & Sons (1985)

Online Resources

Methodology

The following learning activities will be used:

• Theoretical lectures where concepts and theoretical developments will be explained,

• Practical lectures and discussion sessions for resolution of exercises. Students will be given the list of exercises in advance.

Evaluation Criteria

Exams	Weight:	80%
A final exam consisting of practical exercises.		
Other Activities	**Weight:**	20%
Several activities, like exercises and deliverables, will be proposed to the students during the semester.		

Final Mark

The final grade is the maximum of a) the mark of the final exam and b) a weighted average of the final exam (80%) and the rest of the activities (20%).

However, to pass the course it is always necessary a mark of the exam higher than 4.5 (over 10).

These evaluation criteria are valid both for the ordinary and extraordinary call.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Physics Laboratory III	Code	800517	Year	3rd	Sem.	1st
Module	General Core	**Topic**	Physics Laboratory	**Character**	Obligatory	

	Total	Theory	Laboratory
ECTS Credits	6	1.1	4.9
Hours	69	9	60

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To acquire knowledge of principles, analysis techniques, measurement instruments and experimental phenomena of interest in Electricity and Magnetism and Optics.
- To acquire the skill in handling measuring devices and instrumentation.
- To evaluate the limits of measurement methods due to interference, the simplicity of the models and from the effects that are neglected in the method of measurement.
- To be capable to prepare a report and to document a measurement process in respect to the fundamental principles, the required instrumentation and the results presentation.
- To analyze the obtained experimental results and to draw conclusions using statistical techniques.

Brief description of contents

Laboratories of Optics, and Electricity and Magnetism; Data analysis techniques; Basic statistics.

Prerequisites

Basic knowledge of Electricity and Magnetism (electric current circuits, resonance in electromagnetic waves, Hall effect, hysteresis loops in magnetic materials).

Basic knowledge of Optics (polarization, interference, diffraction, and coherence).

Coordinators	Fabián Andrés Cuéllar J.		Dept.	FM
	Room	03.250	**e-mail**	facuella@ucm.es
	Mª Cruz Navarrete Fernández		**Dept.**	OP
	Room	01.309.0	**e-mail**	mcnavarr@ucm.es

Theory Group	Professor	Hours	Dept.	e-mail	Location
B	Fabián Andrés Cuéllar Ángel S. Sanz Ortiz	1.5 7.5	FM OP	facuella@ucm.es a.s.sanz@fis.ucm.es	03.250.0 01.307.0

Theory lectures (first four weeks)				
Theory Group	**Days**	**Schedule**	**Lecture Room**	**Office hours**
B	OPT: Sept 10, 11, 17, 18, 24 E&M Sept. 3rd	Wed 12:00-13:30 Thu 9:30-11:00	19	Fabián Andrés Cuéllar E&M: Mo. 15:00-18:00 (+3h online) Ángel S. Sanz Ortiz OPT: Mo: 11:00-13:00 14:00-16:00 We: 11:00-13:00

IMPORTANT NOTICE: The enrollment of students at the various laboratory groups (including O6 and E13-E14) is only possible through the UCM online registration system. Students must register in one group of the Electricity and Magnetism Laboratory and in one group of the Optics Laboratory, independently. It is important that both groups are chosen in a way that the corresponding schedules are fully compatible.

There is one English group for the Optics laboratory (O6) and two for Electricity and Magnetism (E13 and E14), with a limited quota. In case that the group is filled up, students should register in one of the Spanish groups (see *'Laboratorio de Física III'*). Their laboratories will be evaluated in Spanish, even if they belong to Group B.

Students not belonging to Group B are kindly requested not to register into the laboratory English group, since Group B students are given priority.

Laboratories in English				
Group	**Schedules**		**# sessions**	**15**
	Days	**Hours**	**Professor**	**Dept.**
O8	Wed. 17/9, 24/9, 1/10, 8/10, 15/10, 22/10, 29/10, 5/11, 19/11, 26/11, 3/12	14:30 – 18:30	Ángel S. Sanz Ortiz a.s.sanz@fis.ucm.es Juan Antonio Quiroga aq@fis.ucm.es	OP
E13	(Mo.) Nov. 3rd, 17th, 24th & Dec. 1st	15:30 – 19:30	Norbert Nemes nmnemes@ucm.es	FM

Syllabus. Theoretical classes

The fundamental principles of the main characterization techniques used in Electricity, Magnetism, and Optics will be introduced, and some essential concepts, necessary for the follow-up of the practical sessions, will be reviewed.

Lectures in Optics will be focused on explaining basic concepts of Geometrical Optics:

- Lens and mirror imaging.
- Optical elements and systems.
- Optical instruments.

Syllabus. Laboratory Sessions (Optics)	Sessions
1. Polarization Experiments	1
2. The Michelson Interferometer: Spectroscopy	1
3. The Michelson Interferometer: Metrology	1
4. Young's Two-Slit Experiment	1
5. Fraunhofer Diffraction	1
6. Dispersion and Spectroscopy	1
7. Thin Lenses	1
8. The Magnifying Glass and the Microscope	1
9. The Eye and Telescopes	1
10. Instrumentation	1
11. Experimental Test	1

	Syllabus. Laboratory Sessions (Electricity and Magnetism)	Sessions
Bachelor in Physics		
1	Fabrication of a tunable DC source	1
2	Resonance in RLC circuits and RC filters	1
3	Resistivity of materials and magnetically coupled LC circuits	1
4	Electrical and transport properties: hysteresis loop and Hall effect	1
Double Bachelor in Physics and Mathematics		
1	Electrical measurements	1
2	Use of the oscilloscope: RC circuits	1
3	Biot-Savart's laws and electromagnetic induction	1
4	Resistivity of materials and magnetically coupled LC circuits	1

Bibliography

- Practical Physics. G. L. Squires (4th ed., Cambridge University Press, 1998).
- Sears & Zemansky's University Physics with Modern Physics. H. D. Young, R. A. Freedman (14th ed., Pearson Education, 2016).
- Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. R. A. Serway, J. W. Jewett (8th ed., Brooks Cole, Belmont, 2009).
- Physics for Scientists and Engineers. P. A. Tipler, G. Mosca (6th ed., W. H. Freeman, New York, 2007).
- Optics. A. Ghatak (McGraw-Hill, 6th Ed., 2017).
- Introduction to Optics. F. L. Pedrotti, L. M. Pedrotti and L. S. Pedrotti (Pearson International Edition, 2006).

- An Introduction to Practical Laboratory Optics. J. F. James (Cambridge University Press, 2014).

Online Resources

All the information regarding this course is available at the UCM intranet (Virtual Campus).

Additional material of pedagogical interest (videos, journal articles, sketches and notes, etc.) is also available through the corresponding group Virtual Campus.

Methodology

All the information concerning this course will be available at the UCM intranet (Virtual Campus).

The course has six lectures (five about optics and one about electricity and magnetism) (1.5 hours each) and fifteen laboratory sessions, four of them will be performed at the Electricity and Magnetism Laboratory and eleven at the Optics Laboratory.

The lectures will introduce basic concepts necessary for the development of the laboratory sessions, along with related exercises. Some of these exercises will be delivered to the corresponding instructor for their evaluation.

Students will perform the laboratory work in pairs and under the supervision of one laboratory instructor. During the laboratory sessions the students must develop autonomous learning, decide how to manage the information provided, solve problems, organize and plan their laboratory work, and apply critical thinking. Laboratory instructors will be responsible for the evaluation of the work performed by the students during the laboratory sessions.

Practical guides, as well as any additional material provided to assist the preparation of the laboratory reports, will be available in advance at the Virtual Campus. Students are responsible for bringing their practical guides to the laboratory.

Electricity and Magnetism

Students will have to answer a series of numbered questions indicated in each practical guide. The answers will be delivered to their corresponding laboratory professor the week after each laboratory session. Each report shall be delivered as indicated in each practical laboratory document. All the data must be accompanied by their corresponding uncertainties.

Laboratory grading will value the following aspects: student preparation for each session, including reading and understanding the practical guides and the preliminary questionnaires, the experimental work performed in the laboratory and the answer to the questions in the practical guides. Besides, each laboratory professor may ask questions (verbally or written) regarding each experiment and evaluate the answer. In order to familiarize the students with the scientific work, they will deliver a full scientific report for the laboratory practice: “Hysteresis loop”, formatted as scientific article.

Optics

After finishing each laboratory session, students should deliver to the instructor in charge the answer to the questions addressed in the manual of the corresponding practice. Questionnaires are appended at the end of the practice manuals; they can also be found as independent Word and Latex files, ready to be filled out. **Only the answers requested in the questionnaires will be evaluated.**

Important notice to repeating students

Electricity and Magnetism Laboratory

Students that failed the **Electricity and Magnetism Laboratory** in previous courses may proceed

directly to the exam, as long as they have obtained a grade equal or higher than 5 in the evaluation of the laboratory work. It is mandatory for those students that desire to use this option to communicate so to the professor Fabián Andrés Cuéllar J. via e-mail to facuella@ucm.es.

The final exam will cover the contents of both the theoretical lectures and the laboratory sessions of the **current academic course**. These contents may change from one year to the next, so it is each student responsibility to obtain any knowledge not covered during the academic course in which they passed the practical part of the Laboratory.

Optics Laboratory

Students that failed **Optics Laboratory** in the last two academic years will be offered to choose between repeating it completely or having their individual grades (assignments (theory and lab), lab reports and experimental exam) kept with the weight of the current course. In all cases, it is mandatory that they communicate their decision by email to the Optics section coordinator, prof. Mª Cruz Navarrete Fernández (mcnavarr@ucm.es).

Grading (Electricity and Magnetism Laboratory)		
Exam	**Weight:**	20 %
A written exam will be performed during the semester which will include those contents explained in the theory lectures and the practical sessions. The exam will consist of the resolution of a series of problems and practical cases.		
Other activities	**Weight:**	80 %
● Practical questionnaires. ● Full report of a laboratory session, written in scientific article format. ● Active participation in the laboratory sessions. This part will be graded using a continuous assessment grading, assessing both the work of the students as well as their progression during the laboratory sessions. Each **laboratory practice** will be graded in a scale over 10.		
Grading criteria for the Electricity and Magnetism Laboratory are the following: The final grade will be the weighted average of the exam and the continuous assessment grading of the work performed in the laboratory. To pass the Electricity and Magnetism Laboratory it is mandatory to obtain at least a grade of 5 in the laboratory work assessment and a grade of 4 in the exam. Those activities graded with at least a 5 will preserve their grading for the extraordinary call of June/July.		

Grading (Optics Laboratory)		
Exam	**Weight:**	40 %
A laboratory experimental test will be carried out in the last lab session.		
Other activities	**Weight:**	60 %
● Theory class assignments (Geometrical Optics): 10 % ● Laboratory assignments (in-person and online): 50 %		
For the extraordinary call (June/July) all marks above Pass will be kept.		

Final grade

To pass this course it is mandatory to attend all the laboratory sessions, deliver all the requested reports (questionnaires and full reports), and to obtain a final grading of the whole subject equal to or higher than 5.

The final grade will be computed as:

$$N_{Final} = 2/3\ N_{Opt} + 1/3\ N_{EyM}\ ,$$

where N_{Opt} and N_{EyM} are, in a 0-10 scale, the grades obtained in each part of the course (Optics and Electricity and Magnetisms). To pass the course it is mandatory to have an overall final grade equal to or higher than 5, with at least a 4 grade in the Optics part, and at least a 5 grade in the Electricity and Magnetism part.

The grades obtained in those activities (Electricity and Magnetism, and Optics) that have been passed in the regular call (January) will be kept for the extraordinary call (June/July). Students must be examined of only FAILED activities.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Astrophysics		**Code**	800507	**year**	3rd	**Sem.**	1º
Module	Fundamental Physics	**Topic**	General Astrophysics	**character**	Optional		

	Total	**Theory**	**Exercises**
ECTS credits:	6	4	2
Semester hours	45	30	15

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- Know the basic techniques of astronomical observation.
- Be able to interpret the basic observational parameters.
- Understand the different scales and structures in the Universe
- Know the main physical properties of stars, galaxies, the interstellar medium, star clusters and galaxies, etc.
- Be able to understand the foundations of the standard cosmological model and the observational evidence that supports it.

Brief description of contents

Introduction to Astrophysics (astronomical observation), stars (the Sun, parameters, stellar evolution), planets (of the Solar System, extrasolar), galaxies and cosmology (cosmology, structure, external galaxies, the Milky Way)

Prerequisites

Knowledge of General Physics.

Coordinator	Patricia Sánchez Blázquez		**Department:**	FTA
	Office:	00.321.0	**e-mail**	patsan17@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	**Lecture Room**	**Day**	**Time**	**Professor**	**Period/ Dates**	**Hours**	**T/E**	**Dept.**
B	7	Mo, F	13:30 – 15:00	O'Sullivan, Shane Patrick	Full term	45	T/P	FTA

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	O'Sullivan, Shane Patrick	Mo, Fr: 15:30-17:30	shanepos@ucm.es	04.224.0

* 3 h tutorials during the working week through email, virtual campus, etc.

SYLLABUS

I. Introduction

1. Astronomical Observation

II. Stars

2. Stellar Parameters
3. The Sun
4. Star Formation
5. Stellar Evolution
6. Final Stages of Stars

III. Planets

7. Solar System
8. Exoplanets

IV. Galaxies and Cosmology

9. Introduction to Cosmology
10. Large-Scale Structure of the Universe
11. The Nature of Galaxies
12. Galaxy Evolution
13. Active Galaxies
14. The Milky Way

Bibliography

- "*Universe*", by R. A. Freedman, R.M. Geller y W.J. Kauffmann III, Ed. W.H. Freeman & Co., 2013.
- "An Introduction to modern astrophysics", by B. W. Carroll y D. A. Ostlie, Ed. Addison- Wesley, 2007.
- "Fundamental Astronomy", by H. Karttunen et al., Ed. Springer, 2007.

Online Resources

Online resources will be provided through the virtual campus.

Methodology

Teaching is delivered through lectures focusing on the theoretical aspects of the field, and resolution of quantitative exercises.

Evaluation criteria

Exams	**Weight:**	70%

A written exam with theoretical questions and quantitative exercises about the material covered in the

course.		
Other activities	**Weight:**	30%
Resolution of questionnaires and exercises through the virtual campus and/or in-class exercises.		
Final mark		
The course grade, NFinal, will be determined according to the following plan: • NFinal = 0.7·NE + 0.3·NOA if $4 \leq NE \leq NFinal$ • NFinal = NE if the above condition does not apply The same NOA will be used in all the calls of the academic year.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Solid State Physics				Code	800515	Year	3rd	Sem.	2nd
Module	General Core	**Topic**	Quantum physics and statistics			**Character**	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	6	3.5	2.5
Semester hours	55	30	25

Objetives of the course

- To understand the relationship between structure, bonding type, and the properties of solids.
- Assimilate the fundamental role played by electronic structure and its influence on transport properties.
- Understand vibration phenomena in crystal lattices and the models involved in their description.
- Understand the emergence of cooperative phenomena such as ferromagnetism and superconductivity.

Brief description of the content

Crystals, diffraction; bonding energy; vibrations in crystal lattices; electrons in solids, periodic potentials, and energy bands; cooperative phenomena in solids.

Essential previous courses

Quantum Physics 1 and Statistical Physics.

Teaching Coordinator:	Francisco Domínguez-Adame Acosta		**Dept:**	FM
	Office:	02.123.0	**e-mail**	*adame@fis.ucm.es*

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	8 9	We Fr	10:00-12:00	Patricia de la Presa Muñoz de Toro	They will alternate classes throughout the semester	41	T/E	FM
				Charles Creffield		14		

*: T: theory, E: exercises, S: seminars

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Patricia de la Presa Muñoz del Toro	*M,J: 13:00-14:30 +3h online*	*pmpresa@ucm.es*	02.113.0
	Charles Creffield	M, V. 13:30-15:00 +3h On line	*c.creffield@ucm.es*	02.104.0

Course programme

1. Crystal structures. Crystalline and amorphous solids. Crystal structures. Monocrystals and polycrystals. Symmetries. Bravais lattices: centered lattices. Diffraction. Reciprocal lattice. Structure factor. Brillouin zones.

2. Crystal bond. Binding energy. Van der Waals bond. Repulsion energy. Ionic bond. Concepts of covalent bond and metallic bond.

3. Lattice vibrations. Adiabatic approximation. Harmonic potential. Vibrations in linear lattices. Acoustic and optical branches. Quantization of vibrations: phonons. Phonon spectroscopies: neutrons and Raman. Phonon density of states. Thermal properties in a lattice and specific heat.

4. Electrons in solids. Single electron approximation: momentum space. Energy bands. Fermi surface. Free electron model. Nearly-free electron models. Tight-binding approximation. Types of solids according to band structure. Electron dynamics: effective mass. Electrons and holes. Electric resistivity. Semiconductors.

5. Introduction to cooperative phenomena. Electron gas: plasmons. Ferro- and antiferromagnetism: Exchange interaction, spin waves. Superconductivity: phenomenology and basic notions, London equation, high-temperature superconductors.

Bibliography

- N.W. Ashcroft & N.D. Mermin, *Solid State Physics* (Thomson Press, India 2003)
- H. Ibach y H. Lüth , *Solid State Physics* (Springer, Berlin 1993)
- C. Kittel, Introduction to Solid State Physics 8th Edition (Wiley, New York 2005).

Internet resources

Methodology

The following educational activities will be performed:

- Theory lectures where the main concepts of the subject are explained.
- Practical problem-solving lessons and supervised activities.

Evaluation

Examinations	**Weight:**	75%

A final examination will be given, N_{Exam} , which will be graded between 0 and 10.

In addition, one or two voluntary partial exams could be given. These partial exams will normally take place in class hours. In case they are held out of the class schedule, students will be warned well in advance, and special care will be taken for all the students to be able to take these partial exams.

Other forms of evaluation	**Weight:**	25%

The professor may propose a number of activities that will be graded between 0 and 10. The score obtained will be kept until the final exam of the extraordinary call.

The final grade for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.

Final classification

The final grade C_{Final} will be given by the formula:

$$C_{Final} = \max \{ 0.75N_{Exam} + 0.25N_{OtrasActiv}, \ N_{Exam} \}$$

The final grading criteria, as well as the grade corresponding to other activities, will be maintained in the extraordinary call.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Structure of Matter				Code	800516	Year	3rd	Sem.	2nd
Module	General Core	Topic	Quantum physics and statistics			Character	Obligatory		

	Total	Theory	Exercises
ECTS Credits	6	3.5	2.5
Semester hours	55	30	25

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To learn the structure of poly-electronic atoms and their basic modeling.
- To comprehend the Born-Oppenheimer approach and the electronic structure of diatomic molecules and other compounds.
- To obtain a first insight of the smallest constituents of matter, their interactions and the basic elements of the models involved, as well as the order of the physical magnitudes taking place in the processes among elementary particles.
- To understand the basic nuclear phenomenology and some simple models.

Brief description of contents

Introduction to poly-electronic atoms; foundations of molecular structure and bonding; basic properties of atomic nuclei; introduction to particle physics and its phenomenology.

Prerequisites

Wave function and Schrödinger equation. Simple quantum systems and their spectra (harmonic oscillator, central potentials, the Hydrogen atom). Basics of symmetries and angular momenta. Quantum transitions and collisions.

Some approximate calculation methods in quantum systems: variational method, perturbations, etc.

Coordinator	Óscar Moreno Díaz		Dept.	EMFTEL
	Office	03.239.0	e-mail	osmoreno@ucm.es

Theory/ Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	Sem. 3.2	We Fr	12:00-14:00	Juan Abel Barrio Uña	Full term	55	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Juan Abel Barrio Uña	Tu: 11:00-13:00 We: 14:00-16:00 Th: 15:00-17:00	barrio@gae.ucm.es	03.221.0

Syllabus

1. Atomic Physics

Review and extension of the hydrogenoid atom. Introduction to poly-electronic atoms. Central field approximation. Ground states and periodic table. Couplings of angular momenta of electrons. Atomic spectra.

2. Molecular Physics

Types of atomic bonds. Valence bond and molecular orbital theory in the hydrogen molecule. Born-Oppenheimer approximation. Rotational, vibrational and electronic spectra in diatomic molecules.

3. Particle physics:

Classification of elementary particles (quarks, leptons, gauge bosons) and fundamental interactions. Composite particles (hadrons), quark model. Masses, quantum numbers, conservation laws. Particle decays, production and detection. The nucleon, isospin.

4. Nuclear physics:

Nucleus composition. Nuclear masses and sizes. Stability. Nuclear structure models. Nuclear decay and radioactivity. Reactions, fission and nuclear fusion.

Bibliography

Basic bibliography:

• Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles, Robert Eisberg and Robert Resnick, Wiley (1985).

• Fundamental University Physics: Quantum and Statistical Physics Volume III, Marcelo Alonso and Edward J. Finn, Addison Wesley (1976).

• Introduction to the Structure of Matter: A Course in Modern Physics, John J. Brehm y William J. Mullin, Wiley (1989).

Bibliography for specific areas:

• Physics of atoms and molecules, B.H.Bransden, C.J.Joachain. Longman (1994).

• Molecular Quantum Mechanics, P. W. Atkins. Oxford University Press (1989).

• Atomic structure, G.K.Woodgate. McGraw Hill (1980).

• Nuclear and Particle Physics, W.S.C.Williams. Oxford Science Publications (1991).

• Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane. Wiley (1987).

• Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics, Francis Halzen y Alan D.

Martin, Wiley (1984).

• Introduction to High Energy Physics, Donald H. Perkins. Cambridge University Press (2000).

Online Resources
UCM Virtual Campus

Methodology
The following training activities will be carried out: -Theory lectures (using blackboard and beamer) where the main concepts of the subject will be explained, including examples and applications. The corresponding slides will be uploaded in the Virtual Campus in advance - Exercise solving lectures (using blackboard). The corresponding exercise sheets will be uploaded in the Virtual Campus in advance

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	80%
Final mark for the Exams section: N_{Exam}, ranging from 0 to 10. The final exam will consist of a set of questions and/or problems.		
Other Activities	**Weight:**	20%
Other assessment activities will consist of mid-term exams, problems solving or short essays. The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.		
Final Mark		
Final mark: $$C_{Final} = \max \{ 0.8\ N_{Exam} + 0.2\ N_{OtherActiv} , N_{Exam} \}$$ Minimum mark for other assessment activities to apply the above calculation: $N_{OtherActiv} \geq 3.5$ If $N_{OtherActiv} < 3.5$, the mark in the mark report will be $C_{Final} = 0.8\ N_{Exam} + 0.2\ N_{OtherActiv}$ The final mark criterion, as well as the mark corresponding to other activities, will be maintained in the exam of the extraordinary call.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2025-26**)

Non-Equilibrium Thermodynamics		**Code**	800508	**Year**	3º	**Sem.**	2º
Module	Fundamental Physics	**Topic**	Obligatory of Fundamental Physics	**Character**	Optional		

	Total	**Theory**	**Exercises**
ECTS Credits	6	4	2
Semester hours	45	30	15

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- Learning the thermodynamic formalism applicable to systems out of equilibrium.
- Learning to apply non-equilibrium thermodynamics to the study of processes in different physical systems.
- Learning to understand the behavior of systems very far from equilibrium.
- Understanding the limitations of thermodynamics in infinite time.

Brief description of contents

Conservation laws. Balance equations. Phenomenological equations. Onsager relationships. Stationary states. Minimum entropy production. Applications: processes in homogeneous, continuous and heterogeneous systems. Systems very far from equilibrium. Thermodynamics in finite time.

Prerequisites

Thermodynamics. Physics Laboratory II (Thermodynamics). Calculus. Tensors.

Coordinator	Armando Relaño Pérez		**Dept.**	EMFTEL
	Office	01.110.0	**e-mail**	armando.relano@fis.ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	3 11	Mo Th	10:30-12:00 9:00-10:30	Miguel Ruiz García	Full term	45	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Miguel Ruiz García	L: 12:00-15:00 X: 12:00-15:00 (online)	migrui06@ucm.es	01.118.0

Syllabus

1. Review of the basics of equilibrium thermodynamics

The fundamental laws. Basic equation of Thermodynamics. (Gibb's Equation) The thermodynamic potentials. Equilibrium and stability. Chemical reactions.

2. Description of the Thermodynamics formalism. Conservation laws and balance equations

Local Equilibrium hypothesis. Classical transport equation of mass, energy, momentum, electrical charge and concentration. Local formulation of the second law of thermodynamics. Entropy Flow and Entropy Production.

3. Classical Thermodynamics of irreversible processes

The linear regimen. The phenomenological equations and coefficients. Onsager reciprocal relations. Curie's Law.

4. Stationary States.

Entropy production. The theorem of minimum entropy production and its limitations.

5. Simple Processes

Entropy balance. Phenomenological equations and Onsager reciprocal relations. Heat conduction. Diffusion. Electrical conduction. Chemical Reactions.

6. Coupled Processes

Entropy balance. Phenomenological equations and Onsager reciprocal relations. Thermoelectric phenomena. Thermodiffusion. Coupled chemical reactions. Molecular motors. Electrokinetic and membrane processes.

7. Introduction to systems very far from equilibrium.

Non-linear regime. Stability in systems far from equilibrium. Bifurcations.

8. Dissipative structures

Thermo-hidrodynamics Patterns: Rayleigh-Bénard convection. Bérnard-Marangoni convection.Taylor instability. Chemical oscillations: Brusselator, Belousov-Zhabotinsky. Spatio-temporal patterns: Turing structures. Chiral simmetry.

9. Finite-time thermodynamics.

Review of the Carnot cycle. Endoreversible systems.

Bibliography

Basic:

- Kondepudi, D., Prigogine, I. Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures. (Wiley Interscience, London). 1998
- Lebon, G., Jou, D., Casas-Vázquez, J. Understanding Non-Equilibrium Thermodynamics: Foundations, Applications, Frontiers. (Springer-Verlag, Berlin). 2008

- R. Haase. Thermodynamics of Irreversible Processes, (Dover, London). 1990.

Complementary:

- De Groot, S.R., Mazur, P. Non-Equilibrium Thermodynamics. (Dover, London). 1984
- Demirel, Y. Nonequilibrium Thermodynamics. (Elsevier, Amsterdam). 2007
- Glandsdorff, P., Prigogine, I. Structure, Stability and Fluctuations. (Wiley Interscience, London). 1971 § Nicolis, G., Prigogine, I. Self-organization in nonequilibrium systems. From dissipative structures to order through fluctuations. (Wiley Interscience, New York). 1977

Online Resources

UCM's Virtual Campus.

Methodology

The following training activities will be developed:

• Theory lessons where the main concepts of the subject will be explained.

• Practical classes of problems and directed activities. A series of problems will be provided to students in advance of their resolution in class.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	70%

Final grade for the exam section: N_{Exam}, between 0 and 10.

There will be a final exam consisting of theoretical-practical questions and problems. For the realization of the exam, the class notes and theory books can be consulted, freely chosen by the student.

Other Activities	**Weight:**	30%

The following continuous evaluation activities will be carried out:

• Problems and exercises delivered throughout the course, individually or in groups.

• Online tests.

The final grade for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.

Final Mark

Final mark:

$$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtherActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Minimum final exam mark for weighting: $N_{Exam} \geq 4$

If $N_{Exam} < 4$, the final mark will be $C_{Final} = N_{Exam}$

The final grading criteria, as well as the mark for other activities, will be the same for the extraordinary call.

Bachelor in Physics
(Academic Year **2025-26**)

Quantum Mechanics		**Code**	800509	**Year**	3º	**Sem.**	2º
Module	Fundamental Physics	**Topic**	Obligatory in Fundamental Physics	**Character**	Optional		

	Total	**Theory**	**Exercises**
ECTS Credits	6	4	2
Semester hours	45	30	15

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- To assimilate the concept of quantum state and to introduce the quantum information theory.
- To understand the scattering theory in quantum mechanics
- To learn the theory of symmetry in quantum mechanics
- To apply time-dependent perturbation methods in quantum mechanics.

Brief description of contents

Pure and mixed states; discrete and continuous symmetries, rotations and angular momentum; composite systems; quantum information and quantum computation; time-dependent perturbation theory; scattering theory.

Prerequisites

Linear algebra, vector calculus, the content of the subjects Quantum Physics I and II.

Coordinator	Felipe J. Llanes Estrada		**Dept.**	FT
	Office	03.307.0	**e-mail**	fllanes@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	3 11	Mo Th	9:00-10:30 10:30-12:00	José Ramón Peláez Sagredo	Full term	39	T/E	FT
				Alba Reyes Torrecilla		6	E	

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	José Ramón Peláez Sagredo	1st semester L, X: 15:30-18:30 2nd semester L: 10:30-12:30 M, J: 15:30-18:30	jrpelaez@fis.ucm.es	02.319.0
	Alba Reyes Torrecilla	M: 15:00 - 17:00	albrey01@ucm.es	03.304.0

Syllabus

Quantum Mechanics formalism

Pure and mixed states. Formulation of Quantum Mechanics for mixed states. Measurements and observables. Time-evolution and its pictures. Constants of the motion.

Symmetries in Quantum Mechanics.

Symmetry transformations. Continuous and discrete symmetries. Conservation laws. Space translations. Rotations. Parity and time-reversal. Exchange symmetry of identical particles. Internal symmetries.

Time-Dependent Perturbations.

Perturbative expansion of transition amplitudes. Transitions to a continuum spectrum: Fermi's golden rule. Sudden and adiabatic approximations.

Non-Relativistic Scattering Theory.

Differential and total cross sections. Scattering amplitude. Born approximation. Scattering by a central potential. Partial-wave expansion and phase shifts. Resonances.

Introduction to Quantum Information.

Von Neumann entropy. Bipartite systems, qubits and entangled pure states. Bell inequalities. Notions of quantum computation.

Bibliography

(Alphabetized)

Basic:

• G. Auletta, M. Fortunato, G. Parisi, Quantum Mechanics, Cambridge University Press.

• L.E. Ballentine, Quantum Mechanics: A Modern Development, World Scientific.

• G. Benenti, G. Casati, G. Strini, Principles of Quantum Computation and Information - Vol.1: Basic Concepts, World Scientific.

• C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantum Mechanics Vol. I & II. John Wiley & Sons.

• L. Landau, E.M. Lifshitz, Quantum Mechanics, Buttenworth-Heinemann.• L.I. Schiff, Quantum Mechanics, McGraw-Hill.

• A. Galindo, P. Pascual, Mecánica Cuántica Vol. I y II. Eudema Universidad.

• J.J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics, Addison-Wesley.

• R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Plenum Press.• D.J. Griffiths, Introduction to quantum mechanics, Prentice Hall.

• J. R. Taylor, Scattering Theory, Dover

Complementary:

- J. Audretsch, Entangled Systems, Wiley-VCH.
- J.L. Basdevant and J. Dalibard Quantum mechanics, Springer.
- E. d'Emilio, L.E. Picasso, Problems in Quantum Mechanics: with solutions. Springer.
- K.T. Hecht, Quantum Mechanics, Springer.
- M. Le Bellac, Quantum Physics, Cambridge University Press.
- E. Merzbacher, Quantum Mechanics, John Wiley.
- A. Messiah, Quantum Mechanics, Dover.
- L. E. Picasso, Lectures in Quantum Mechanics: A Two-Term Course. Springer.
- F. Schwabl, Quantum Mechanics, Springer.

Online Resources

Problem assignments and other materials will preferably be distributed through the course's online campus.

Free access textbook: https://phys.libretexts.org/Bookshelves/Quantum_Mechanics

Methodology

There will be lectures on the blackboard, explaining and discussing the topics of the subject. The concepts and techniques introduced in this explanation will be illustrated with examples and problems that will be solved in class. Discussion on all the concepts and techniques introduced in class will be stimulated, individually and in groups, with the students.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	70%

Final mark for the Exams section: N_{Exam}, between 0 and 10.

There will be a final exam consisting of one part of theoretical-practical questions and/or another part of problems of a similar level of difficulty to those solved in class.

Other Activities	**Weight:**	30%

Written assignments during the class hours and/or continuous assessment activities outside it, consisting in short or test questions and/or the fulfillment of theoretical, practical and/or computational exercises.

The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.

Final Mark

Final mark:

$$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtherActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Minimum final exam mark for weighting: $N_{Exam} \geq 4$

The final mark criteria, as well as the mark for other activities, will be maintained in the exam of the extraordinary call.

Bachelor in Physics
(Academic Year 2025-26)

Differential Geometry and Tensor Calculus	**Code**	800522	**Year**	3rd	**Sem.**	2nd
Module	Transversal	**Topic**	Transversal topics	**Character**	Optional	

	Total	**Theory**	**Exercises**
ECTS Credits	6	4	2
Semester hours	45	30	15

Learning Objectives (according to the Degree's Verification Document)

- Acquire skills in different transversal subjects to be able to apply them in fourth-year courses.
- Develop the ability to apply the concepts and methods of differential geometry and tensor calculus to problems of classical and quantum physics.

Brief description of contents

Differential geometry, tensor calculus and their applications to physics.

Prerequisites

Algebra, calculus of one and several variables, and differential equations.

Coordinator	Gabriel Álvarez Galindo		**Dept.**	FT
	Office	02.317.0	**e-mail**	galvarez@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	3 11	Mo Th	12:00-13:30	Gabriel Álvarez Galindo	Full term	45	T/E	FT

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Gabriel Álvarez Galindo	Th : 9:00-12:00 +3h. online	galvarez@fis.ucm.es	02.317.0

Syllabus

1. **Theory of curves**
   The concept of a curve. Arc length. Curvature and torsion. Formulas of Frenet.
2. **Surfaces: first fundamental form and tensor calculus**
   The concept of a surface. Curves on a surface. First fundamental form. The concept of Riemannian geometry. Covariant and contravariant vectors. Foundations of tensor calculus. Special tensors.
3. **Surfaces: second fundamental form, gaussian and mean curvature**
   Second fundamental form. Principal curvatures, mean and Gaussian curvature. Formulas of Weingarten and Gauss. Properties of the Christoffel symbols. The Riemann curvature tensor. Theorema egregium (Gauss).
4. **Geodesic curvature and geodesics**
   Geodesic curvature. Geodesics. Arcs of minimum length: introduction to the calculus of variations. Theorem of Gauss-Bonnet.
5. **Covariant differentiation and parallel transport**
   Covariant differentiation. The Ricci identity. The Bianchi identities. Parallel transport.

Bibliography

- E. Kreyszig, *Differential Geometry*, Dover (1991).
- B.A. Dubrovin, A.T. Fomenko, S.P. Novikov, *Modern Geometry–Methods and Applications (Part I. The Geometry of Surfaces, Transformation Groups, and Fields)*, Springer (1992).

Online Resources

Virtual Campus.

Methodology

The following learning activities will be developed:

• Theory lessons, in which the fundamental concepts of the subject will be explained and illustrated with examples and applications.

• Practical problem-solving sessions.

The theory lessons and problem-solving sessions will take place mainly on the blackboard, although they may be supplemented with computer projections.

The teacher will assist the students at the specified office hours in order to solve doubts or expand concepts.

A collection of problems will be made available to students in the Virtual Campus prior to their resolution in class.

Evaluation Criteria

Exams	**Weight:**	70%

Final mark for the Exams section, N_{Exam} , between 0 and 10.

Mark obtained in the final exam, which will consist of theoretical questions and problems of similar difficulty to those solved in class.

Other Activities	**Weight:**	30%

Exercises handed in throughout the course or carried out during classes, or exams covering part of the syllabus.

The final mark for this section will be $N_{OtherActiv}$ and will range from 0 to 10.

Final Mark

Final mark:

$$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtherActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Minimum final exam mark for weighting: $N_{Exam} \geq 4.5$

The final mark criterion, as well as the mark corresponding to other activities, will be maintained in the exam of the extraordinary call.

8. Fichas de asignturas de cuarto curso (Física Fundamental)

Grado en Física (curso 2025-26)

Física Atómica y Molecular		Código	800524	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Obligatoria de Física Fundamental	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	45	30	9	6

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Saber evaluar las principales interacciones dentro de un átomo polielectrónico, entendiendo cómo éstas determinan su descripción, propiedades y niveles de energía.
- Conocer los efectos de agentes externos (campos eléctricos, magnéticos y colisiones) sobre los átomos.
- Entender la estructura de moléculas diatómicas y poliatómicas.
- Conocer las propiedades de la emisión y absorción de radiación por átomos y moléculas. Comprender los procesos de fluorescencia y fosforescencia, y el fundamento de las principales técnicas espectroscópicas.

Breve descripción de contenidos

Átomos polielectrónicos; interacciones electrostática y espín-órbita; acoplamiento de momentos angulares; efectos de campos externos; estructura molecular; moléculas diatómicas y poliatómicas.

Conocimientos previos necesarios

Son necesarios conocimientos de Fundamentos de Mecánica Cuántica, Teoría de perturbaciones estacionarias y Acoplamiento de momentos angulares, que se habrán adquirido en las asignaturas de Física Cuántica I y II.

También será necesario conocer el Átomo de hidrógeno, Sistemas de varios electrones, Aproximación de campo central, nociones básicas de Acoplamiento LS de momentos angulares de spin y orbital, y nociones básicas de Estructura Molecular. Todas ellas se supondrán adquiridas en la asignatura de Estructura de la Materia.

Profesor/a coordinador/a	Jaime Rosado Vélez		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.241.0	e-mail	jrosadov@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	L,X	9:00-10:30	Francisco Blanco Ramos	Todo el cuatrimestre	39	T/P	EMFTEL
B	1	X,V	13:30-15:00	Jaime Rosado Vélez	Todo el cuatrimestre	39	T/E	EMFTEL
C	1	M,J	12:00-13:30	Daniel Nieto Castaño	Todo el cuatrimestre	39	T/P	EMFTEL
D	1	M V	18:00-19:30 15:00-16:30	Jaime Rosado Vélez	Todo el cuatrimestre	39	T/P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco Blanco Ramos	1er. semestre: L, X: 12:00-13:30 Resto online 2º semestre: X,V 12:00-13:30 Resto online	pacobr@ucm.es	03.222.0
B	Jaime Rosado Vélez	1er. sem: M: 15:00-18:00 2º sem: X 12:00-13:30/V: 12:30-14:00 Resto online	jrosadov@ucm.es	03.241.0
C	Daniel Nieto Castaño	M,J: 11:30-13:00 resto online	d.nieto@ucm.es	03.228.0
D	Jaime Rosado Vélez	1er. sem: M, J: 15:00-18:00 2º sem: X 12:00-13:30/V: 12:30-14:00	jrosadov@ucm.es	03.241.0

PRÁCTICAS DE CÁLCULO NUMÉRICO				
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**
L1	Aula 15	L 29/09 12:00-13:30 L 06/10 12:00-13:30	Marcos López Moya	3.0
L2	AI 1	M 30/09 12:00-13:30 M 07/10 12:00-13:30	Jaime Rosado Vélez	3.0
L3	Aula 15	M 30/09 15:30-17:00 M 07/10 15:30-17:00	Jaime Rosado Vélez	3.0
L4		X 01/10 12:00-13:30 X 08/10 12:00-13:30	Daniel Nieto Castaño	3.0
L5		V 01/10 15:30-17:00 V 08/10 15:30-17:00	Marcos López Moya	3.0
L6		V 03/10 12:00-13:30 V 10/10 12:00-13:30	Marcos López Moya	3.0

LABORATORIOS				
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**
L1	(*)	L 20/10 12:00-13:30 V 05/12 12:00-13:30	Marcos López Moya Jaime Rosado Vélez	1.5 1.5
L2		L 20/10 13:30-15:00 V 05/12 13:30-15:00	Jaime Rosado Vélez Daniel Nieto Castaño	1.5 1.5
L3		L 20/10 15:00-16:30 V 05/12 15:00-16:30	Marcos López Moya Daniel Nieto Castaño	1.5 1.5
L4		M 21/10 12:00-13:30 M 09/12 12:00-13:30	Marcos López Moya Jaime Rosado Vélez	1.5 1.5
L5		M 21/10 13:30-15:00 M 09/12 13:30-15:00	Jaime Rosado Vélez Daniel Nieto Castaño	1.5 1.5
L6		M 21/10 15:00-16:30 M 09/12 15:00-16:30	Marcos López Moya Jaime Rosado Vélez	1.5 1.5
L7		X 22/10 12:00-13:30 X 10/12 12:00-13:30	Marcos López Moya Daniel Nieto Castaño	1.5 1.5
L8		X 22/10 13:30-15:00 X 10/12 13:30-15:00	Marcos López Moya Daniel Nieto Castaño	1.5 1.5
L9		X 22/10 15:00-16:30 X 10/12 15:00-16:30	Jaime Rosado Vélez	3.0
L10		J 23/10 12:00-13:30 J 11/12 12:00-13:30	Jaime Rosado Vélez	3.0
L11		J 23/10 13:30-15:00 J 11/12 13:30-15:00	Jaime Rosado Vélez Daniel Nieto Castaño	1.5 1.5

L12		J 23/10 15:00-16:30 J 11/12 15:00-16:30	Marcos López Moya Jaime Rosado Vélez	1.5 1.5

(*) Laboratorio de Física Atómica, Nuclear y de Partículas.

Programa de la asignatura

Física Atómica (aprox 60%)

1. **Introducción a los átomos polielectrónicos.**
   Manejo de funciones de onda antisimétricas.
   Configuraciones, Degeneración, Sistema periódico.
   Aproximaciones para el cálculo de la estructura atómica.
   Métodos estadísticos y de Hartree. Métodos Variacionales (Hartree-Fock)
2. **Correcciones a la Aproximación del Campo Central.**
   Interacción electrostática. Términos electrostáticos y su determinación.
   Cálculo de correcciones por interacción electrostática.
   Interacción Spin - Órbita.
   Momento angular total J y autoestados. Cálculo de constantes spin-órbita.
   Aproximación de Russell Saunders.
   Limitaciones del acoplamiento LS.
   Otros modelos de acoplamiento, acoplamiento JJ, nociones de acoplamiento intermedio, efectos.
3. **Átomos en campos externos constantes.**
   Campos magnéticos. Límites Zeeman y Paschen-Back.
4. **Emisión y absorción de radiación por átomos.**
   Interacción con el campo electromagnético. Coeficientes de Einstein y su cálculo.
   Reglas de selección. Líneas espectrales

Física Molecular. (Aprox 40%)

5. **Introducción a la estructura molecular.**
   Aproximación de Born Oppenheimer
   Estructura de moléculas diatómicas
   Función de ondas nuclear. Estados vibracionales y rotacionales.
   Función de ondas electrónica. Curvas de potencial.
6. **Emisión y absorción de radiación por moléculas diatómicas.**
   Acoplamiento de momentos angulares.
   Espectros rotacionales puros
   Espectros vibro-rotacionales
   Transiciones electrónicas. Principio de Franck-Condon
7. **Moléculas poliatómicas.**
   Orbitales moleculares, deslocalización.
   Estados rotacionales y vibracionales.
   Espectroscopía

Bibliografía

Básica:

F. Blanco Ramos, *Introducción a la Física de Átomos y Moléculas* (Amazon 2019)

B.H.Bransden, C.J.Joachain; *Physics of atoms and molecules* (Longman 1994)

I.I.Sobelman; *Atomic Spectra and Radiative Transitions* (Springer Verlag).

G.K.Woodgate *Elementary atomic structure* (McGraw Hill).

Atkins, P.W. *Molecular Quantum Mechanics* (3ª ed. Oxford Univ. Press 2000).

Complementaria:

Levine, Ira N. *Espectroscopía molecular* (Madrid : Editorial AC, D.L. 1980)

C.Sanchez del Rio Introducción a la teoría del átomo (Ed. Alhambra)

H.G.Kuhn *Atomic Spectroscopy* (Academic Press 1969)

Anne P.Thorne Spectrophysics (Chapman and Hall)

B.W.Shore and D.H.Menzel *Principles of Atomic Spectra* (John wiley 1968).

R.D.Cowan *The theory of atomic structure and spectra* (Univ. California Press)

M. Weissbluth. *Atoms and Molecules* (Academic Press 1978).

Levine, Ira N. *Química cuántica* (Madrid : Editorial AC, D.L. 1986)

Recursos en internet

Atomictools: a Python package to create and visualize atomic orbitals and more (A. Villar, J. Rosado): https://github.com/JaimeRosado/atomictools. Incluye los programas para las prácticas de cálculo numérico y ejemplos útiles para la asignatura.

FAyM-didactic: una versión anterior de los programas para las prácticas de cálculo numérico (F. Blanco, J. Rosado, D. Nieto): https://github.com/Pacobr/FAyM-didactic

Metodología

Es una asignatura de carácter teórico-práctico. Se realizarán 2 prácticas de cálculo numérico en el aula de informática y 2 prácticas de laboratorio experimental. Las 4 prácticas son de carácter obligatorio.

En las clases de teoría se utilizarán todos los medios disponibles: pizarra, proyección de transparencias y presentaciones con ordenador.

Los conceptos teóricos explicados se reforzarán con ejercicios intercalados durante las clases. Se potenciará la colaboración de los alumnos en estos ejercicios, pudiendo pedir que los entreguen después de la clase.

Después de cada tema se entregará una hoja de ejercicios que se resolverán completamente o dando las suficientes indicaciones para que los alumnos puedan realizarlos.

Según el número de alumnos matriculados se podría proponer también la presentación de trabajos por parte de ellos, en grupo o individualmente

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

Examen final práctico de resolución de ejercicios de nivel similar al estudiado durante el curso, pudiéndose consultar apuntes, libros, ejercicios resueltos, etc. El examen tiene una parte de Átomos (60%) y una parte de Moléculas (40%).

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

Cuatro prácticas obligatorias. Las dos primeras prácticas son de cálculo numérico y se evalúan en un único cuestionario en el CV que cuenta un 40% de esta parte de la evaluación. Las otras dos prácticas son de laboratorio y cada una tiene un peso del 30%. La evaluación de las dos prácticas de laboratorio consiste en la entrega obligatoria de un informe para cada una realizada, y responder algunas preguntas breves sobre ellas en el examen final. Se podrán proponer además ejercicios entregables o cuestionarios en el CV para subir nota.

Calificación final

Las partes de Átomos y Moléculas del examen final se evaluarán por separado. Si en alguna de las dos partes se obtiene una calificación inferior a 3.5 sobre 10, ésta se tomará como la calificación final de la asignatura y por tanto tendrá suspendida esa convocatoria independientemente del resto de calificaciones. La calificación de cada parte del examen en la convocatoria ordinaria se podrá conservar para la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Electrodinámica Clásica		Código	800525	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Obligatoria de Física Fundamental	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Comprender los conceptos de invariancia gauge y Lorentz del campo electromagnético.
- Comprender las formulaciones lagrangiana y covariante del electromagnetismo.
- Entender el movimiento de cargas eléctricas relativistas sometidas a la fuerza de Lorentz y la radiación emitida por aquellas.
- Resolver problemas de propagación de ondas y emisión de radiación electromagnética.

Breve descripción de contenidos

Ecuaciones de Maxwell y relatividad especial; fuerza de Lorentz; potenciales e invariancia gauge; formulación covariante; formulación lagrangiana del electromagnetismo; teoremas de conservación; radiación de cargas en movimiento; expansión multipolar del campo electromagnético.

Conocimientos previos necesarios

Ecuaciones de Maxwell; fuerza de Lorentz; relatividad especial (estructura del espacio-tiempo, cono de luz, invariantes, cuadrivectores, transformaciones de Lorentz); mecánica de Lagrange y de Hamilton; nociones básicas de cálculo tensorial.

Profesor/a coordinador/a	Oscar Rodríguez de la Fuente		Dpto.	FM
	Despacho	02.218.0	e-mail	oscar.rodriguez@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	M,J	9:00 – 10:30	Luis J. Garay Elizondo	Todo el cuatrimestre	39	T/P	FT
				Álvaro Álvarez Domínguez		6	P	
B	1	M, J	13:30-15:00	Oscar Rodríguez de la Fuente	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FM

C	1	X,V	12:00 – 13:30	Antonio Dobado González	Todo el cuatrimestre	39	T/P	FT
				Javier Martínez Martín		6	P	
D	1	L V	18:00 – 19:30 16:30 – 18:00	Oscar Rodríguez de la Fuente	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FM

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Luis J. Garay Elizondo	Primer semestre: M, J: 10:30-13:30 Segundo semestre: X: 9:30 a 15:30	luisj.garay@ucm.es	02.315.0
	Álvaro Álvarez Domínguez	M, J: 14:00-15:00	alvalv04@ucm.es	02.329.0
B	Oscar Rodríguez de la Fuente	L, X: 12:00-14:00 +2h online	oscar.rodriguez@fis.ucm.es	02.218.0
C	Antonio Dobado González	M, J: 13:30-16:30	malcon@fis.ucm.es	03.231.0
	Javier Martínez Martín	J: 14:00-16:00	javiermartinezm@ucm.es	02.329.0
D	Oscar Rodríguez de la Fuente	L, X: 12:00-14:00 +2h online	oscar.rodriguez@fis.ucm.es	02.218.0

Programa de la asignatura

1. Ecuaciones de Maxwell
- 1.1. Ecuaciones de Maxwell
- 1.2. Leyes de conservación
- 1.3. Ondas planas libres
- 1.4. Potenciales electromagnéticos

2. Teoría especial de la relatividad
- 2.1. Relatividad especial y transformaciones de Lorentz
- 2.2. Espaciotiempo de Minkowski
- 2.3. Grupo de Poincaré
- 2.4. Dinámica relativista

3. Teoría clásica de campos
- 3.1. Leyes de transformación: escalares y vectores
- 3.2. Principio variacional
- 3.3. Teorema de Noether
- 3.4. Partículas y campos
- 3.5. Formulación hamiltoniana

4. Partículas cargadas y campos electromagnéticos
- 4.1. Partícula en un campo electromagnético
- 4.2. Cargas puntuales en campos electromagnéticos constantes
- 4.3. Dinámica del campo electromagnético

5. Radiación electromagnética
- 5.1. Radiación por cargas en movimiento
- 5.2. Ejemplos de cálculos detallados de radiación
- 5.3. Reacción de la radiación

Los diversos temas pueden ser tratados en un orden diferente al indicado en este Programa.

Bibliografía

Básica:

● J.D. Jackson, “Classical Electrodynamics”, 3rd. ed. Wiley and Sons (1999).

● Landau y E.M. Lifshitz, “Teoría clásica de campos”, Reverté(1986) (“Théorie des Champs”, 4ème éd., Mir, Moscú; “The Classical Theory of Fields”, 4th. ed., Butterworth-Heinemann).

Complementaria:

● E. F. Taylor, J. A. Wheeler, Spacetime Physics, W. H. Freeman and Co., (1992)

● S. Kruchinin, Problems and Solutions in Special Relativity and electromagnetism, World Scientific (2018)

● F. Scheck, Classical Field Theory, Springer (2012)

● Griffiths, D.J.: Introduction to Electrodynamics (3rd. Edition). Prentice Hall International (1999).

● J.I. Íñiguez de la Torre, A. García, J.M. Muñoz, “Problemas de Electrodinámica Clásica”, Eds. Universidad de Salamanca (2002).

● Bo Thidé, “Electromagnetic Field Theory”, http://www.plasma.uu.se/CED/Book/index.html

● A. González, “Problemas de Campos Electromagnéticos”, McGraw-Hill (2005).

● A.I. Alekseiev, “Problemas de Electrodinámica Clásica”, Mir, Moscú.

● V.V. Batiguin, I.N. Toptiguin, “Problemas de electrodinámica y teoría especial de la relatividad”, Editorial URSS, Moscú (V.V. Batygin, I.N. Toptygin, “Problems in Electrodynamics”, Pion/Academic Press, Londres)

Recursos en internet

1. Campus virtual de los grupos respectivos
2. Página web de los departamentos,
3. https://sites.google.com/site/luisjgaray/

Metodología

Clases de teoría y problemas.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%
Examen final escrito.		

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%
Una o más de las siguientes, que serán detalladas al principio del curso: -Problemas y ejercicios a lo largo del curso -Participación en clases, seminarios y tutorías -Presentación, oral o por escrito, de trabajos		
Calificación final		
Si la nota del examen es inferior a 3,5 puntos (sobre 10), la calificación final será la obtenida en el examen. La calificación final no será inferior a la obtenida en el examen. La calificación final en la convocatoria extraordinaria de junio-julio seguirá la misma pauta de aplicación de la nota de las actividades complementarias que en el caso de la calificación final de la convocatoria de febrero.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Astrofísica Estelar		Código	800529	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Astrofísica y Cosmología	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	3.8	2.2
Horas presenciales	45	28	17

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Ser capaz de obtener los parámetros fundamentales de las estrellas a partir de los datos observacionales.
- Entender los procesos físicos relevantes que gobiernan la formación y evolución de las estrellas

Breve descripción de contenidos

Parámetros fundamentales de las estrellas. Ecuación de estado y opacidad de la materia estelar. Transporte de energía. Ecuaciones de la estructura interna. Modelos de interiores estelares. Nucleosíntesis estelar. Formación estelar. Evolución estelar. Evolución en cúmulos estelares. Evolución de sistemas binarios. Objetos degenerados: enanas blancas y estrellas de neutrones. Pulsaciones en estrellas.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos en Astrofísica General.

Se recomienda haber cursado y superado la asignatura “Astrofísica” de 3º de Grado.

Profesor/a coordinador/a	Miriam Cortés Contreras		Dpto.	FTA
	Despacho	04.229.0	e-mail	mcortescontreras@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	L, X	9:00-10:30	Miriam Cortés Contreras	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FTA
B	1	L X	15:00-16:30 16:30-18:00	Miriam Cortés Contreras	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**Horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Miriam Cortés Contreras	1er semestre L, X: 11:00-14:00 2º semestre M, J: 11:00-14:00	mcortescontreras@ucm.es	04.229.0
B	Miriam Cortés Contreras	1er semestre L, X: 11:00-14:00 2º semestre M, J: 11:00-14:00	mcortescontreras@ucm.es	04.229.0

Programa de la asignatura

1. Introducción
2. Equilibrio Mecánico y Térmico
3. Ecuación de Estado de los Interiores Estelares
4. Modelos Politrópicos
5. Transporte de Energía en los Interiores Estelares
6. Nucleosíntesis Estelar
7. Modelos Estelares y Estabilidad Estelar
8. Introducción a la Evolución Estelar
9. Formación Estelar y Evolución Pre-secuencia Principal
10. Evolución Durante la Secuencia Principal
11. Evolución Post-secuencial Principal
12. Últimas Fases de la Evolución Estelar

Bibliografía

Principal:

- An introduction to the theory of stellar structure and evolution (2010). D. Prialnik, Cambridge University Press

- Stellar Structure and Evolution (2012) R. Kippenhahn, A. Weigert, & A. Weiss, Astronomy & Astrophysics Library. Springer-Verlag.

Adicional:

- Stellar Interiors. Physical Principles, Structure, and Evolution (2004). C.J. Hansen, S.D. Kawaler & V. Trimble. Astronomy & Astrophysics Library. Springer-Verlag.

- Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis (1983). D.D. Clayton. McGraw-Hill

- Introduction to Stellar Astrophysics Vol 3. Stellar Structure and Evolution (1997) E. Böhm-Vitense. Cambridge University Press.

- Stellar Astrophysics (1998). R.Q. Huang & K.N. Yu. Springer-Verlag.

- Evolution of Stars and Stellar Populations (2005). M. Salaris & S. Cassisi. John Wiley & Sons Ltd.

- Physics, Formation and Evolution of Rotating Stars (2009). A. Maeder. Astronomy & Astrophysics Library. Springer-Verlag.

- The Stars, Their Structure and Evolution (1994). R.J. Tayler, Cambridge University Press.

Recursos en internet

1. Campus Virtual
2. Simuladores de evolución estelar: https://users.monash.edu.au/~johnl/StellarEvolnV1/
3. Curso "Stellar Structure and Evolution" de O.R. Pols, en: https://www.astro.ru.nl/~onnop/education/stev_utrecht_notes/

Metodología

Clases magistrales. Clases prácticas consistentes en ejercicios a resolver en clase.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase)

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

La evaluación continua consistirá en:

- Resolución de algunos problemas propuestos (de 1 a 3 para cada tema), cuyas soluciones se presentarán a través del campus virtual.

- Al final del curso se tendrá que resolver y entregar un cuestionario con un buen número de preguntas conceptuales con respuesta múltiple.

- Opcionalmente, y para subir nota, se podrá construir un modelo de interior estelar.

Calificación final

La calificación final será la mayor de la nota en el examen ($N_{Exámen}$) o de la nota siguiente:

$$N_{Final} = 0.7 N_{Exámen} + 0.3 N_{OtrasActiv} ,$$

donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Astronomía Observacional		Código	800531	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Astrofísica y Cosmología	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	3.8	2.2
Horas presenciales	45	29	16

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Ser capaz de realizar observaciones astronómicas sencillas y entender las diferentes técnicas observacionales.
- Ser capaz de obtener los parámetros fundamentales de estrellas y galaxias a partir de los datos observacionales

Breve descripción de contenidos

Conceptos básicos de astronomía de posición. Conceptos básicos de la observación astronómica. Fundamentos de telescopios ópticos. Fundamentos de detectores. Iniciación a la observación. Al final de la asignatura el alumno debe ser capaz de realizar observaciones astronómicas sencillas y entender las diferentes técnicas observacionales.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de Astrofísica. Se recomienda haber cursado la asignatura “Astrofísica” del tercer curso de grado.

Profesor/a coordinador/a	Sergio Pascual Ramírez		Dpto.	FTA
	Despacho	00.310.0	e-mail	sergiopr@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	1	L X	16:30-18:00 18:00-19:30	Sergio Pascual Ramírez	29	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Sergio Pascual Ramírez	1er sem: M, J: 12.00h-13.30h 2º sem: X,J: 11:00-12:30 Resto on-line	sergiopr@fis.ucm.es	00. 310.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
LA1	15	7, 14 y 28 de octubre 4, 18 y 25 de noviembre 2 de diciembre M, 18:00-19:30	María Chillarón Víctor	16	FTA
	Observatorio UCM	+ 3 sesiones de observación			
LA2	15	8, 15 y 29 de octubre 5, 19 y 26 de noviembre 3 de diciembre X, 18:00-19:30	María Chillarón Víctor	16	FTA
	Observatorio UCM	+ 3 sesiones de observación			
LA3	15	9, 16 y 30 de octubre 6, 20 y 27 de noviembre 4 diciembre J, 18:00-19:30	Paula Macías Pardo	16	FTA
	Observatorio UCM	+ 3 sesiones de observación			

Programa de la asignatura

1. Conceptos básicos de astronomía de posición
   - 1.1. Esfera celeste, coordenadas y transformaciones.
   - 1.2. Movimiento diurno y anual.
   - 1.3. Escalas de tiempo y calendario.
   - 1.4. Movimiento planetario. Movimiento aparente. Eclipses.
   - 1.5. Reducción de coordenadas: precesión, aberración, paralaje refracción.
2. Conceptos básicos de la observación astronómica
   - 2.1. Principios de observación.
   - 2.2. Proceso de medida.
   - 2.3. Efectos de la atmósfera: brillo de cielo, extinción, refracción, turbulencia, dispersion.
   - 2.4. Métodos de observación: fotometría, espectroscopía.
   - 2.5. Observatorios. Site-testing, tierra, espacio.
   - 2.6. Observación en el óptico, infrarrojo, radio y altas energías.
   - 2.7. Preparación de las observaciones astronómicas.
3. Fundamentos de telescopios ópticos
   - 3.1. Óptica de telescopios: resolución, superficie colectora, escala de placa, aumentos, magnitud límite visual.
   - 3.2. Conceptos de diseños ópticos.
   - 3.3. Conceptos de diseños mecánicos.
   - 3.4. Grandes telescopios, telescopios espaciales.
4. Fundamentos de detectores
   - 4.1. Parámetros fundamentales: respuesta espectral, eficiencia cuántica, linealidad, rango dinámico y otros.
   - 4.2. Observación visual y fotográfica, detectores fotoeléctricos.

4.3. Detectores de estado sólido
4.4. Detectores en otras longitudes de onda.

Programa de prácticas en el Laboratorio

1. Iniciación a la observación astronómica: planisferio, visibilidad, magnitudes, observación visual. (Observatorio UCM)
2. Telescopios, monturas, coordenadas. Visibilidad de objetos, apuntado. Adquisición de imágenes. (Observatorio UCM)
3. Orientación en el cielo virtual I. Constelaciones, coordenadas, movimiento diurno. (Aulas de informática)
4. Orientación en el cielo virtual II. Sistema Solar, conjunciones, eclipses. (Aulas de informática)
5. Fotometría. Determinación de magnitudes, brillo de cielo, curva de crecimiento. (Aulas de informática)
6. Observación solar. Observación de las manchas solares y la cromosfera. Observación del espectro solar. (Observatorio UCM)
7. Preparación de observaciones. Visibilidad y calculadores de tiempo de exposición. (Aulas de Informática)

Bibliografía

Básica:

- “Observational Astronomy”, D. Scott Birney, G. Gonzalez, D. Oesper, Cambridge Univ. Press.
- “Astronomical Observations”, G. Walker. Cambridge Univ. Press.

Especializada:

- “Curso de astronomía” , 2017 2ª edición, A. Abad, J.A Docobo, A. Elipe, Prensas de la Universidad de Zaragoza
- “Spherical Astronomy” Green R.M., Cambridge Univ.Press
- “The backyard astronomer’s guide”, 2010, Dickinson & Dyer, Firefly ed.
- “Astronomy: Principles and Practice”. A.E. Roy, D. Clarke. Adam Hilger Ltd., Bristol.
- “Astrophysical Techniques”. C.R. Kitchin, 1984, Adam Hilger ltd. Bristol.
- “Handbook of infrared Astronomy”, 1999, Glass, Ed. Cambridge Press
- “Detection of Light: from the UV to the submillimeter”, G. H. Rieke, Cambridge Univ. Press.

Recursos en internet

Anuario del Observatorio Astronómico nacional: https://astronomia.ign.es/oan/anuario

Observatorio UCM: https://webs.ucm.es/info/Astrof/obs_ucm/obs_ucm.html

NASA Eclipse web site: https://eclipse.gsfc.nasa.gov/

Metodología

La asignatura combina clases magistrales de teoría y problemas con la realización de prácticas en el Observatorio astronómico UCM y en las aulas de informática de la Facultad. Las prácticas 1 y 2 de observación nocturna se realizan en el Observatorio UCM tras el anochecer. La práctica 6 de

observación solar se realiza asimismo en el Observatorio, en el horario más cercano posible al mediodía solar.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
- Realización de prácticas de laboratorio. - Informe de las prácticas realizadas.		
Calificación final		
Si la calificación del examen (NE) es mayor o igual que 3.5, la calificación final (NF) será NF = 0.7NE + 0.3NO, donde NE y NO son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. Por el contrario, si NE es menor que 3.5, la calificación final será NF = NE . La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Relatividad General y Gravitación		Código	800533	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Astrofísica y Cosmología	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab
Créditos ECTS:	6	3.8	2.2
Horas presenciales	45	28	17

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer la teoría de la relatividad general y su ámbito de aplicación: tests clásicos, agujeros negros.
- Adquirir la base necesaria para analizar críticamente los nuevos avances en Astrofísica y Cosmología.

Breve descripción de contenidos

Introducción de las ecuaciones de Einstein tomando como punto de partida la gravedad newtoniana y la Relatividad especial. Discusión de algunas de sus soluciones e implicaciones más importantes.

Conocimientos previos necesarios

Los propios del alumno de cuarto de grado, itinerario de Física Fundamental, que ha superado las materias obligatorias. Es conveniente haber cursado la asignatura de Geometría diferencial y Cálculo tensorial del Módulo Transversal

Profesor/a coordinador/a	Miguel Ángel Martín-Delgado Alcántara		Dpto.	FT
	Despacho	03.0317.0	e-mail	mardel@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	M, V	10:30–12:00	Luis Manuel González Romero	Todo el semestre	45	T/P	FT
B	1	L X	13:30–15:00 15:00–16:30	Miguel Ángel Martín-Delgado Alcántara	Todo el semestre	30	T/P	FT
				Gabriel Escrig Mas	Todo el semestre	15	P	FT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Luis Manuel González Romero	Primer semestre: X, J: 11:30-13:00 M, J: 15:00-16:30 Segundo semestre: X: 9:00-15:30 Previa cita por email	mgromero@fis.ucm.es	02.320.0
B	Miguel Ángel Martín-Delgado Alcántara	M: 13:00-19:00 (presencial y videoconferencia)	mardel@fis.ucm.es	03.317.0
	Gabriel Escrig Mas	L: 16:00-17:00 online M: 15:00-16:00 presencial	gescrig@ucm.es	03.322.0

Programa de la asignatura

1. Introducción.
2. Repaso de la gravedad newtoniana y de la relatividad especial.
3. Principios de la Relatividad general y experimentos que los sustentan.
4. Caída libre. Geodésicas y sus principios variacionales. Métricas estáticas y estacionaras. El desplazamiento hacia el rojo. El límite newtoniano. Sistemas localmente inerciales. Cambios de coordenadas e isometrías.
5. Geometría (pseudo)riemaniana y gravitación. Principio de covariancia general. Álgebra y análisis tensorial. Conexión de Levi-Civita. Curvatura y sus tensores.
6. Ecuaciones de Einstein. Constante cosmológica.
7. Soluciones con simetría esférica. Precesión del perihelio de Mercurio. Deflexión de la luz por un campo gravitatorio.
8. Colapso gravitacional y agujeros negros.
9. Ondas gravitacionales.

Bibliografía

• S. Carroll,"Spacetime Geometry: An introduction to General Relativity", Pearson International New Edition (2013).

• J. B. Hartle: "Gravity: An Introduction to Einstein´s general relativity", Benjamin Cummings (2003).

• R. A. d´Inverno: "Introducing Einstein's relativity", Oxford University Press (1992).

• L.Landau and E.M. Lifshitz, "The Classical Theory of Fields" Fourth Revised English Edition Butterworth-Heinemann (2000)

• C. W. Misner, K. S Thorne, J. A.. Wheeler: "Gravitation", W. H. Freeman (1973).

• B. F. Schutz: "A first course in general relativity", 2a edición, Cambridge University Press (2009).

• R. M. Wald: "General relativity", Chicago University Press (1984).

*Alan P. Lightman, William H. Press, Richard H. Price, Saul A. Teukolsky. "Problem Book in Relativity and Gravitation". Princeton University Press, 2017.

Recursos en internet
Se utilizará el CAMPUS VIRTUAL. En él se proporcionarán recursos de interés para la asignatura.

Metodología
• Clases de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones. • Clases prácticas de problemas. En las clases se utilizará la pizarra o/y proyecciones con ordenador. La resolución de problemas tendrá lugar en las clases prácticas, con la posible participación de los alumnos. Se suministrará a los estudiantes los enunciados de los problemas con antelación a su resolución en clase. El profesor atenderá virtual o presencialmente a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas, ampliar conceptos, etc. Se usará el Campus Virtual para mostrar el material disponible de la asignatura a los alumnos.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Examen sobre cuestiones prácticas y problemas.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Problemas y ejercicios realizados de forma individual en casa o/y en el aula. La nota obtenida en otras actividades se guardará sólo hasta la convocatoria extraordinaria de julio del curso académico en curso.		
Calificación final		
La calificación final se calculará de la siguiente forma: Calificación = máximo (Examen, 0.7 x Examen + 0.3 x Otras actividades)		

Grado en Física (curso 2025-26)

Física Nuclear		Código	800535	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Estructura de la Materia	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.6	2.4	
Horas presenciales	45	27	11	7

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Entender la estructura del núcleo atómico, sus propiedades básicas y ser capaz de modelizar dichas propiedades utilizando tanto modelos microscópicos como semiclásicos.

Familiarizarse con las reacciones nucleares y las aplicaciones de la Física Nuclear.

Breve descripción de contenidos

- Propiedades y modelización de los núcleos atómicos.
- Reacciones nucleares.

Conocimientos previos necesarios

Es aconsejable haber cursado todas las asignaturas obligatorias hasta tercero del grado en Física.

Profesor/a coordinador/a	José Manuel Udías Moinelo		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.225.0	e-mail	jmudiasm@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1 11	L J	12:00 -13:30	José Manuel Udías Moinelo	Todo el cuatrimestre	20	T/P	EMFTEL
				Oscar Moreno Díaz		18	T/P	EMFTEL
B	1	M,J	15:00 – 16:30	José Manuel Udías Moinelo	Todo el cuatrimestre	20	T/P	EMFTEL
				Oscar Moreno Díaz		18	T/P	EMFTEL

T:teoría, P:práctica- Las clases de problemas se van intercalando con las de teoría según el avance del temario

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
1	Laboratorio de Física Atómica y Nuclear (3ª planta)	22/09 10:00 29/09 10:00	Víctor Sánchez Tembleque Verbo	7	EMFTEL
2		23/09 10:00 30/09 10:00	Víctor Sánchez Tembleque Verbo	7	
3		23/09 15:00 30/09 15:00	Víctor Sánchez Tembleque Verbo	7	
4		24/09 10:00 01/10 10:00	Víctor Martínez Nouvilas	7	
5		24/09 15:00 01/10 15:00	José Andrés Avellaneda González	7	
6		25/09 10:00 02/10 10:00	Víctor Martínez Nouvilas	7	
7		25/09 15:00 02/10 15:00	José Andrés Avellaneda González	7	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	José Manuel Udías Moinelo	M y J: 15:00-16:30	jmudiasm@ucm.es	03.226.0
	Oscar Moreno Díaz	1er. sem: L:16:00-17:30 X:17:30-19:00 2º sem: L:15:00-16:00 X:16:00-18:00	osmoreno@fis.ucm.es	03.239.0
B	José Manuel Udías Moinelo	M y J: 15:00-16:30	jmudiasm@ucm.es	03.226.0
	Oscar Moreno Díaz	1er. sem: L:16:00-17:30 X:17:30-19:00 2º sem: L:15:00-16:00 X:16:00-18:00	osmoreno@fis.ucm.es	03.239.0

Programa de la asignatura

TEORÍA

1. Introducción a las desintegraciones nucleares, radioactividad y propiedades básicas de los núcleos atómicos. Detectores nucleares. Soporte teórico a las prácticas de la asignatura.

2. Interacción nucleón-nucleón: Rango, intensidad, simetrías. Sistemas de pocos nucleones: el deuterón. Dispersión nucleón-nucleón. Isoespín. Forma, tamaño y energía de ligadura. Energías de separación. Energía de apareamiento.

3. Modelos nucleares: Modelos colectivos: Espectros vibracionales y rotacionales. Espectro de partícula independiente. Momentos electromagnéticos nucleares.

4. Profundización en las propiedades de desintegración nucleares. Alfa, beta, gamma, conversión interna, captura electrónica. Reglas de selección. Teoría de Gamow de la desintegración alfa. Teorías de Fermi y Gamow-Teller de la desintegración beta. Teoría V-A. Transiciones multipolares eléctricas y magnéticas.

5. Introducción a las reacciones nucleares. Cinemática. Dispersión elástica. Potencial óptico. Reacciones de núcleo compuesto. Reacciones directas. Reacciones de transferencia de nucleones

(pickup, stripping). Reacciones de intercambio de carga.

6. Fisión y fusión. Fisión espontánea e inducida. Fusión en el Sol. Ciclos pp y CNO. Nucleosíntesis primordial y en las estrellas. Procesos r y s.

7. Aplicaciones. Reactores de fisión y fusión. Datación. Análisis de materiales. Aplicaciones en medicina: Imagen nuclear y radioterapia. Aceleradores.

PRÁCTICAS Experiencias con desintegración alfa, beta y gamma. Detección de fotones y partículas cargadas. Espectros nucleares experimentales. Coincidencias, anti-coincidencias y correlaciones angulares en la desintegración gamma. Calibración detector alfa y espectros alfa. Espectroscopio magnético, espectros beta más y beta menos. Detectores de estado sólido. Más detalles http://nuclear.fis.ucm.es/laboratorio

Bibliografía

Básica

· *A. Obertelli, H. Sagawa, Modern Nuclear Physics. From Fundamentals to Frontiers (Springer, 2021).*
· *K.S. Krane: Introductory Nuclear Physics (John Wiley and Sons, 1982).*
· *K. Heyde: Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics. An Introductory Approach (Institute of Physics, 2002).*
· *W. Greiner, J. A. Maruhn: Nuclear Models. (North-Holland Pub. co., 1978).*

Complementaria

· *G.F. Knoll: Radiation Detection and Measurement (Wiley, 2000), para las prácticas.*
· *P. Ring, P. Schuck: The Nuclear Many-Body Problem (Springer-Verlag, 1994).*
- *S.G. Nilsson, I. Ragnarsson: Shapes and Shells in Nuclear Structure (Cambridge Univ. Press, 2005).*

Recursos en internet

Campus virtual

http://nuclear.fis.ucm.es/FN

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.

• Clases prácticas de problemas.

• Se realizarán también sesiones de prácticas en el laboratorio de Física Nuclear.

Las lecciones de teoría utilizarán la pizarra o proyecciones con ordenador. La resolución de problemas tendrá lugar en la pizarra, aunque ocasionalmente podrán usarse proyecciones con ordenador. Además se pondrá a disposición de los estudiantes el material incluyendo las explicaciones y se dedicarán las clases en subgrupos a la resolución de dudas, “flipped classroom” y realización de ejemplos prácticos y problemas.

El material de la asignatura está disponible a través del Campus Virtual.

El profesor recibirá en su despacho a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas, ampliar conceptos, etc. Es altamente recomendable la asistencia a estas tutorías para un mejor aprovechamiento del curso.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%
Otras actividades de evaluación tales como seguimiento de una colección de problemas, controles, trabajos entregables, realización de las prácticas e informes de laboratorio.		

Calificación final

Para superar la asignatura se requiere haber realizado y superado las prácticas obligatorias.

La calificación final será NFinal = Max(0.7 NExamen+0.3 NOtrasActiv, NExamen), donde NExamen y NOtrasActiv son (en una escala 0 - 10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. Se requiere una calificación mínima de NExamen = 4 para y de NFinal = 5 para superar la asignatura.

La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Interacción Radiación-Materia		**Código**	800538	**Curso**	4º	**Sem.**	1º
Módulo	Física Fundamental	**Materia**	Estructura de la Materia	**Tipo**	optativo		

	Total	**Teóricos**	**Práct./Semin.**	**Lab.**
Créditos ECTS:	6	3.6	2.4	
Horas presenciales	45	27	12	6

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer los principales procesos de interacción de la radiación con la materia, incluyendo las bases de la Radiofísica.
- Familiarizarse con las aplicaciones más importantes.

Breve descripción de contenidos

Principales procesos de interacción radiación-materia, aplicaciones.

Conocimientos previos necesarios

Los correspondientes a las asignaturas troncales hasta el tercer curso. Para los alumnos de la rama de Física Aplicada se aconseja cursar la asignatura de Física Atómica y Molecular.

Profesor/a coordinador/a	José Luis Contreras González		**Dpto.**	EMFTEL
	Despacho	03.217.0	**e-mail**	joseluco@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	**Aula**	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Sesiones**	**horas**	**Dpto.**
A	3 5	L X	13:30-15:00 15:00-16:30	Daniel Nieto Castaño	04/09/2025 a 16/10/2025	19,5	EMFTEL
				Juan Abel Barrio Uña	20/10/2025 a 11/12/2025	19,5	
B	1	M,J	16:30-18:00	José Luis Contreras González	Todo el cuatrimestre	39	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Daniel Nieto Castaño	M, J: 11:30-13:00 (resto online)	d.nieto@ucm.es	03.228.0
	Juan Abel Barrio Uña	M:11:00-13:00 X: 14:00-16:00 J: 15:00-17:00	barrio@gae.ucm.es	03.221.0
B	José Luis Contreras González	M: 10:00-13:00 + 3 h no presenciales de L-J	joseluco@ucm.es	03.217.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Laboratorio Física Atómica, Nuclear y de Partículas. 3ª Planta Módulo Norte	10/10/25 10:30 - 13:30 y 15:00 - 18:00	José Luis Contreras González	6	EMFTEL
L2		13/10/25 10:30 - 13:30 y 14:30 – 17:30	Juan Abel Barrio Uña	6	
L3		14/10/25 10:30 - 13:30 y 15:00 - 18:00	Juan Abel Barrio Uña	6	
L4		15/10/25 10:30 - 13:30 y 15:00 - 18:00	José Luis Contreras González	6	
L5		16/10/25 10:30 - 13:30 y 15:00 - 18:00	Juan Abel Barrio Uña	6	
L6		17/10/2025 10:30 a 13:30 y 15:00 - 18:00	José Luis Contreras González	6	

Programa de la asignatura

TEORÍA

• Procesos de interacción de fotones con la materia

Sección eficaz. Efecto fotoeléctrico. Scattering coherente. Scattering incoherente. Fórmula de Klein-Nishina. Creación de pares. Coeficientes de atenuación, transferencia y absorción. Energía media transferida.

• Procesos de interacción de partículas cargadas con la materia

Pérdidas colisionales para partículas cargadas pesadas. Poder de frenado. Fórmula de Bethe-Bloch. Leyes de escala. Alcance. Rayos delta. Curva de Bragg. Poder de frenado de electrones/positrones. Pérdidas radiativas. Energía crítica. Longitud de radiación. Bremsstrahlung yield. Dispersión elástica.

• Detectores

Propiedades generales: modos de operación, resolución, eficiencia, tiempo muerto. Detectores de gas. Centelleadores. Detectores de semiconductor. Espectrometría de fotones. Estadística de recuento: distribución de Poisson, límite gaussiano, distribución de intervalos temporales y efecto del tiempo muerto.

• Generación de radiaciones ionizantes.

Revisión de procesos nucleares: desintegración y desexcitación nuclear. Cadenas radiactivas. Equilibrio secular. Producción de isótopos. Radiactividad natural. Aceleradores de partículas. Aplicaciones.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

El alumno realizará dos prácticas entre las siguientes:

1) Interacción de rayos X y gamma con la materia usando detectores de centelleo o semiconductores.

2) Estudio experimental de las propiedades estadísticas del recuento de partículas. La estadística de Poisson.

3) Detección de muones cósmicos.

4) Medida de la vida media de un radioisótopo.

PRÁCTICAS DE ORDENADOR

El alumno realizar una práctica que incluirá:

Simulación por el método de Monte Carlo del paso de radiación a través de medios materiales. Se trata de un conjunto de prácticas en las que se estudian diversas propiedades de la interacción radiación-materia. Por ejemplo:

a) Determinación de secciones eficaces empleando la simulación como un experimento virtual

b) Determinar la energía depositada por rayos gamma en un centelleador similar al utilizado en las prácticas de laboratorio para analizar su respuesta en energía

CHARLAS DE PROFESIONALES RELACIONADAS CON LA ASIGNATURA

Charla de un radiofísico de hospital en la que se explicarán las funciones que los físicos realizan en los Hospitales, así como los requisitos necesarios para conseguir la capacitación profesional correspondiente.

VISITA A UN HOSPITAL (opcional)

Se realizará una visita a un hospital, en donde los alumnos podrán conocer de cerca el ambiente profesional de la Radiofísica Hospitalaria.

Bibliografía

Básica

- *Atoms, Radiation and Radiation Protection.* J. E. Turner. WILEY-VCH. 2007
- *The Physics of Radiology.* H.E. Johns and J.R. Cunningham. Charles C Thomas. 1983.
- *Techniques for nuclear and particle physics experiments*. W.R. Leo. Springer-Verlag 1994.

Complementaria

- *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry.* F.H. Attix. WILEY-VCH. 2004
- *Radiation detection and measurement.* G.F. Knoll. WILEY. 2010

Recursos en internet

Campus virtual con enlaces a múltiples páginas web de interés.

Metodología
En el CV los alumnos tendrán acceso con suficiente antelación al material que se va a explicar en clase. Las clases se darán con el apoyo de medios audiovisuales. Los conocimientos teóricos se complementarán con la resolución de problemas que serán previamente propuestos en el CV. Se propondrán una serie de problemas para ser entregados a través del CV y que formarán parte de la evaluación continua. Las prácticas de laboratorio se organizarán en horarios adecuados para evitar solapamiento con otras actividades docentes. En ambos tipos de prácticas (laboratorio y ordenador), el alumno tendrá que entregar un informe con los resultados que formará parte de la evaluación continua.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Para la realización de la parte de problemas se podrán consultar libros y apuntes de clase**.**		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Prácticas de Laboratorio. Simulaciones de Monte Carlo. Entrega de problemas propuestos en clase.		
Calificación final		
Llamando E a la nota del examen escrito, L a la de las prácticas de laboratorio y P a las de los problemas entregables y práctica de simulación, la calificación final N se calculará como el máximo de N1 y N2, con: N1 = 0.7 x E + 0.15 x L + 0.15 x P y N2 = 0.7 x E + 0.3 x L. Adicionalmente será necesario obtener al menos un 3.5 en la nota del examen, E. Si no es así, se calificará la convocatoria como N = E La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Mecánica Teórica		Código	800539	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Profundizar en los principios y las técnicas fundamentales del formalismo hamiltoniano de los sistemas dinámicos.
Breve descripción de contenidos
Formulación hamiltoniana de la Mecánica Clásica. Integrabilidad. Perturbaciones. Introducción al caos.
Conocimientos previos necesarios
Matemáticas de 1º y 2º del Grado en Físicas. Mecánica Clásica del Grado en Físicas.

Profesor/a coordinador/a	Prado Martín Moruno		Dpto.	FT
	Despacho	02.328.0	e-mail	pradomm@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	3	X, V	13:30 – 15:00	Mercedes Martín Benito	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FT
B	7 6	L X	9:00 – 10:30	Prado Martín Moruno	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FT

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Mercedes Martín Benito	M: 10:00-13:00 online X: 10:00-13:00 presenciales	m.martin.benito@ucm.es	02.328.0
B	Prado Martín Moruno	1er sem.: L, X, 14:00 - 15:30 +3h online 2º sem.: J, V, 12:00 - 13:30 +3h online	pradomm@ucm.es	03.314.0

Programa de la asignatura

1. Mecánica lagrangiana

1.1. Dinámica lagrangiana: principio variacional y ecuaciones de Euler-Lagrange.

1.2. Teoremas de conservación: conservación de la energía, coordenadas cíclicas, teorema de Noether.

1.3. Lagrangiano relativista: Partículas libres y partículas en un campo electromagnético.

2. Mecánica hamiltoniana

2.1. Sistemas hamiltonianos: Transformación de Legendre, ecuaciones de Hamilton, espacio de fases y corchetes de Poisson.

2.2. Geometría simpléctica: Forma simpléctica, ecuaciones de Hamilton, campos vectoriales hamiltonianos, teorema de Noether, variedades simplécticas y teorema de Darboux.

2.3. Transformaciones canónicas: Simplectomorfismos, función generatriz y tipos de transformaciones canónicas.

2.4. Invariantes: Teorema de Liouville, invariante integral de Poincaré, espacio de fases extendido e invariante integral de Poincaré-Cartan.

3. Integrabilidad

3.1. Teoría de Hamilton-Jacobi: ecuación de Hamilton-Jacobi, soluciones completas, separación de variables, hamiltonianos conservados y coordenadas cíclicas.

3.2. Teoremas de integrabilidad: teorema de Liouville, teorema de Arnold y variables de acción-ángulo.

4. Temas de especialización

4.1. Perturbaciones

4.2. Caos

Bibliografía

Básica

- J. V. José, E. J. Saletan, Classical Dynamics, Cambridge University Press, 1998.

Complementaria

- L. Meirovitch, Methods of Analytical Dynamics, Dover Publications, 2010.
- H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, Classical Mechanics, Third Edition, Addison Wesley, 2002.
- E. J. Saletan, A. H. Cromer, Theoretical Mechanics, Wiley, 1971.
- V. I. Arnold, Mathematical Methods of Classical Mechanics, Second Edition, Springer-Verlag, 1989.
- A. J. Lichtenberg, M. A. Lieberman, Regular and Chaotic Dynamics, Second Edition, Springer-Verlag, 1992.

Recursos en internet
Se podrán proporcionar archivos de la asignatura a través del campus virtual.

Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: * Lecciones en las que primero se explicarán los conceptos teóricos fundamentales y a continuación se ilustrarán dichos conceptos con ejemplos y aplicaciones. * Clases prácticas de resolución de ejercicios. * Se podrá pedir a los alumnos que preparen y expongan en clase los temas de especialización enumerados en el programa.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Se realizará un examen final. Será obligatorio obtener una calificación mayor o igual que 4 sobre 10 en el examen final para aprobar el curso.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
En este apartado se podrán plantear algunos de los siguientes elementos de calificación: 1. Problemas o ejercicios entregados a lo largo del curso. 2. Cuestionarios o controles parciales. 3. Desarrollo de uno de los temas del programa de especialización (tema 4) y su presentación en clase.		

Calificación final
Si la nota del Examen final es mayor o igual que 4, la calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la siguiente fórmula: CF = máx(0.7 Examen + 0.3 Actividades, Examen). Si la nota del Examen final es inferior a 4: CF=Nota del Examen. La calificación del apartado Otras actividades de evaluación de la convocatoria ordinaria, será mantenida para la correspondiente convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Campos Cuánticos		Código	800540	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Conocer la cuantificación de los campos relativistas.

Breve descripción de contenidos

Teoría cuántica de campos relativista. Cuantización canónica del campo electromagnético y campos escalares y ferniónicos. Electrodinámica cuántica.

Conocimientos previos necesarios

Mecánica Clásica y Mecánica Cuántica. Se recomienda cursar simultáneamente la asignatura de Electrodinámica Clásica. La asignatura Simetrías y Grupos en Física también puede resultar muy útil.

Profesor/a coordinador/a	Antonio Dobado González		Dpto.	FT
	Despacho	03.231.0	e-mail	malcon@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	L, J	10:30–12:00	Antonio Dobado González	1ª parte	39	T/P	FT
				Javier Martíntez Martín	Última parte	6	P	FT
B	11	M, J	16:30-18:00	Antonio Dobado González	1ª parte	39	P	FT
				Javier Martíntez Martín	Última parte	6	T/P	FT

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Antonio Dobado González	M,J: 13:30-16:30	malcon@fis.ucm.es	03.231.0
	Javier Martíntez Martín	J: 14:00-16:00	javiermartinezm@ucm.es	02.239.0
B	Antonio Dobado González	M,J: 14:00 -17:00	malcon@fis.ucm.es	03.231.0
	Javier Martíntez Martín	J: 14:00-16:00	javiermartinezm@ucm.es	02.239.0

Programa de la asignatura

Tema 1: Ecuaciones de Klein-Gordon y de Dirac.

Tema 2: Teoría clásica de campos.

Tema 3: Cuantización canónica del campo escalar libre.

Tema 4: Cuantización canónica del campo fermiónico libre.

Tema 5: Procesos de interacción: matriz S, secciones eficaces y vidas medias.

Tema 6: Cuantización del campo electromagnético libre.

Tema 7: Electrodinámica cuántica.

Bibliografía

M. Maggiore. A Modern Introduction to Quantum Field Theory, Oxford University Press, 2005.

M.E. Peskin, D.V. Schroeder. An Introduction to Quantum Field Theory. Addison Wesley, 1995.

C. Itzykson and J.B. Zuber. Quantum Field Theory. McGraw-Hill, 1980.

S. Weinberg. The Quantum Theory of Fields, vols.I, II. Cambridge University Press 1994, 1995.

A. Zee. Quantum Field Theory in a Nutshell. Princeton University Press. 2010.

V. Radovanovic, Problem Book in Quantum Field Theory, Springer, 2006.

L. Álvarez- Gaumé, M. A. Vázquez-Mozo. An Invitation to Quantum Field Theory. Springer Verlag. 2012.

D. McMahon. Quantum Field Theory Demystified. Mc Graw Hill. 2008.

K. Huang. Quantum Field Theory. John Wiley & Sons. 1998.

Recursos en internet

Se podrá utilizar material de otras instituciones de prestigio como vídeos y notas de acceso libre.

Metodología

Se impartirán clases, en la pizarra, en las que se explicarán y discutirán los diversos temas del programa. Los conceptos y técnicas introducidos en la explicación de los temas se ilustrarán con ejemplos y problemas que se resolverán en clase. Se estimulará la discusión, individual y en grupo, con los alumnos de todos los conceptos y técnicas introducidos en clase.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Se realizará un examen final escrito. El examen constará de cuestiones teórico-prácticas y/o problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). Es imprescindible superar el examen para aprobar la asignatura.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

Otras actividades de evaluación tales como seguimiento de una colección de problemas, controles o trabajos entregables.

Calificación final

La calificación final será el máximo entre estas dos opciones:

a) 100% de la nota del examen final
b) 70% de la nota del examen final y 30% de otras actividades.

Grado en Física (curso 2025-26)

Simetrías y Grupos en Física		Código	800542	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Aprender a aplicar los conceptos y métodos de la teoría de grupos finitos y continuos al estudio de la simetría en problemas físicos.
Breve descripción de contenidos
Teoría de grupos. Grupos de Lie, sus representaciones y aplicaciones en física. Grupo de Lorentz y Poincaré y sus representaciones y aplicaciones en física. Grupos finitos.
Conocimientos previos necesarios
Primero y segundo de grado.

Profesor/a coordinador/a	José Ramón Peláez Sagredo		Dpto.	FT
	Despacho	02.319.0	e-mail	jrpelaez@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	X V	10:30 – 12:00 9:00 – 10:30	Miguel Ángel Rodríguez González	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FT
B	3	M, J	13:30 – 15:00	José Ramón Peláez Sagredo	Todo el cuatrimestre	39	T/P	FT
				Alejandro Canoa Monsalve		6	P	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Miguel Ángel Rodríguez González	X: 9:00-10:30, 12:00-13:00, J:9:00-10:30, 11:00-13:00	rodrigue@ucm.es	02.308.0
B	José Ramón Peláez Sagredo	1er. semestre L, X: 15:30-18:30 2º semestre L: 10:30-12:30 M, J: 15:00-17:00	jrpelaez@ucm.es	02.319.0
	Alejandro Canoa Monsalve	1er. semestre L: 10:00-12:00 2º semestre V: 11:00-13:00	acanoa@ucm.es	02.322.0

Programa de la asignatura

• Nociones generales de la teoría de grupos: clases de conjugación, subgrupos normales, cosets, grupo cociente, homomorfismos, producto de grupos. Representaciones. Acciones de grupos.
• Grupos finitos: representaciones lineales, equivalencia de representaciones, reducibilidad e irreducibilidad, unitariedad, caracteres.
• Nociones básicas sobre grupos y álgebras de Lie.
• Grupos de rotación y unitarios: generadores infinitesimales, representaciones, producto directo.
• Grupos de Lorentz y de Poincaré: generadores infinitesimales y representaciones.

Bibliografía

Básica

• M. Hamermesh, Group Theory and Its Application to Physical Problems. Dover, 1989.

• J.F. Cornwell, Group Theory in Physics: An Introduction. Elsevier, 1997.

• Wu-ki Tung, Group Theory in Physics. World Scientific, 1985.

• G. Costa, G. Fogli, Symmetries and Group Theory in Particle Physics. Springer, 2012.

• H. Georgi, Lie Algebras in Particle Physics. CRC Press, 2018.

Complementaria

• D.H. Sattinger and O.L. Weaver, Lie Groups and Algebras with Applications to Physics, Geometry

and Mechanics. Springer, 1986.

• S. Sternberg, Group Theory and Physics. Cambridge University Press, 1995.

• J.E. Humphreys, Introduction to Lie algebras and representation theory. Springer, 1980.

• J. Fuchs and C. Schweigert, Symmetries, Lie Algebras and Representations. A graduate course for physicists. Cambridge University Press, 1997.

• A. Ibort and M.A. Rodríguez, An Introduction to Groups, Groupoids and Their Representations. CRC Press, 2019.

• A. González López, Simetrías y Grupos en Física. Notas de curso, UCM, 2013.

• R. Campoamor-Stursberg, M. Rausch de Traubenberg, Group Theory In Physics: A Practitioner's Guide. World Scientific (2019).

• J.-B. Zuber, https://www.lpthe.jussieu.fr/~zuber/Cours/InvariancesGroupTheory-2014.pdf

Clásica

• W. Burnside, Theory of groups of finite order. Cambridge Univ. Press, 1911.

• H. Weyl, The theory of Groups and Quantum Mechanics. Dover, 1950.

• C. Chevalley, Theory of Lie groups. Princeton Univ. Press, 1946.

• E.P. Wigner, Group Theory and its Application to the Quantum Mechanics of Atomic Spectra. Academic Press, 1959.

• B.L. van der Waerden, Group Theory and Quantum Mechanics. Springer, 1972.

• N. Jacobson, Lie algebras. Dover, 1962.

Recursos en internet
Campus Virtual, UCM

Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: • Clases de teoría • Resolución de problemas propuestos durante el curso. Las lecciones de teoría y la resolución de problemas tendrán lugar fundamentalmente en la pizarra, aunque podrán ser complementadas ocasionalmente con proyecciones con ordenador. El profesor recibirá a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas, ampliar conceptos, etc.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Un examen final que consistirá principalmente en la resolución de problemas de nivel similar a los resueltos en clase.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Resolución y entrega de ejercicios propuestos a los largo del curso.		
Calificación final		
A=Calificación de otras actividades E=Calificación del examen final CF=Calificación final		

Si E≥4, CF=máx(E, 0.7*E+0.3*A) Si E<4, CF=E Todas las calificaciones en la escala 0-10.

Grado en Física (curso 2025-26)

Astrofísica Extragaláctica		Código	800530	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Astrofísica y Cosmología	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	3.8	2.2
Horas presenciales	45	28	17

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Entender los procesos físicos relevantes que gobiernan la formación y evolución de las galaxias.
- Ser capaz de obtener los parámetros fundamentales de las galaxias a partir de los datos observacionales.

Breve descripción de contenidos

Clasificación y morfología de las galaxias. Componentes de las galaxias. Escala de distancias. Propiedades fotométricas. Poblaciones estelares y evolución química. Dinámica de galaxias. Galaxias con formación estelar. Núcleos galácticos activos. Propiedades estadísticas de las galaxias. Distribución espacial de galaxias, estructura a gran escala. Formación y evolución de galaxias (teoría y observaciones).

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de Astrofísica General y Observacional.
Conocimientos básicos de Cosmología para los últimos temas del programa. Se recomienda haber cursado la asignatura “Astrofísica” de 3º de Grado.

Profesor/a coordinador/a	Cristina Catalán Torrecilla		Dpto.	FTA
	Despacho	04.236.0	e-mail	ccatalan@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	L J	10:30 – 12:00 12:00 – 13:30	Cristina Calatán Torrecilla	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FTA
B	1	M, J	15:30 – 17:00	Jesús Gallego Maestro	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Cristina Catalán Torrecilla	L: 12.30h-14.00h J: 14.30h-16.00h Resto on line	ccatalan@ucm.es	04.236.0
B	Jesús Gallego Maestro	L, J: 12.00h-13.30h Resto on line	jesusgm@ucm.es	00.314.0

Programa de la asignatura

1. Introducción

Introducción al curso, temario y evaluación. Historia del estudio de galaxias.

2. Observaciones de las galaxias.

Fotometría, espectroscopía y emisión de diferentes componentes. Escala de distancias.

3. Parámetros físicos básicos de las galaxias

Características básicas de estrellas. Morfología. Dinámica. Propiedades de las galaxias según su tipo morfológico. Ejemplo: la Vía Láctea.

4. Poblaciones estelares en galaxias

Historia de formación estelar y evolución química. Modelos de síntesis de poblaciones. Derivación de poblaciones estelares resueltas e integradas. Resultados generales.

5. Formación estelar en galaxias

Concepto de SFR y trazadores observacionales. Leyes empíricas. Metalicidad del gas ionizado. Formación estelar en galaxias: la secuencia principal de formación estelar. Galaxias Starburst. Regulación de la formación estelar. Feedback.

6. Galaxias con núcleos activos

Rasgos observacionales y clasificación de AGNs. Estructura de un AGN y emisión de los diferentes componentes. Modelo unificado. Relación entre las galaxias y su agujero negro central.

7. Galaxias a alto redshift.

Dificultades. Galaxias con salto de Lyman. Galaxias emisoras de Lyman alpha. Galaxias

submilimétricas. Galaxias con colores extremadamente rojos.

8. Propiedades estadísticas de las galaxias.

Funciones de luminosidad. Funciones de masa. Bimodalidad en las propiedades de las galaxias: colores, tamaño-luminosidad. Evolución de las propiedades estadísticas con el redshift.

9. Estructura a gran escala.

Distribución espacial de la materia. Cúmulos y grupos de galaxias. El grupo local.

10. Formación y evolución de galaxias en un contexto cosmológico.

Éxitos y fracasos. Retos del futuro.

Bibliografía

Básica:

1. Extragalactic Astronomy & Cosmology, An Introduction, P. Schneider, Springer, edición 2006.

2. Introduction to galaxy formation and evolution: from primordial gas to present-day galaxies, A. Cimatti, F. Fraternali & C. Nipoti. Cambridge University Press, 2020.

3. An Introduction to Galaxies and Cosmology, M.H.Jones & J.A. Lambourne, The Open University Cambridge, edición 2007 (primera en 2003).

Complementaria:

4. An Introduction to Modern Astrophysics, B.W.Carroll & D.A.Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.

5. Galaxy Formation and Evolution, H.Mo, F.vandenBosch, S.White, Cambridge, 2010.

6. Galactic Astronomy, J.Binney & M.Merrifield, Princeton,1998.

7. Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei, D. Osterbrock, University Science Books, 2006.

Recursos en internet

Se proporcionarán en el Campus Virtual links a noticias, seminarios, artículos, simulaciones numéricas y otros contenidos relacionados con la asignatura.

Metodología

Clases magistrales. Los ficheros de las presentaciones estarán accesibles a los alumnos.

Clase prácticas consistentes en ejercicios a resolver en clase.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

El examen consistirá en la resolución de cuestiones teórico-prácticas relacionadas con los contenidos de la asignatura.

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

Con el objetivo de realizar una evaluación continua de cada alumno y del avance de la clase se propondrán ejercicios prácticos/cuestiones para entregar a través del campus virtual y/o en clase.

Así mismo se propondrán noticias de actualidad relacionadas con la asignatura que los estudiantes podrán resumir oralmente al resto de la clase y donde se evaluarán tanto la exposición del estudiante como las cuestiones planteadas por el resto de la clase.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física **(curso 2025-26)**

Cosmología		**Código**	800532	**Curso**	4º	**Sem.**	2º
Módulo	Física Fundamental	**Materia**	Astrofísica y Cosmología	**Tipo**	optativo		

	Total	**Teóricos**	**Práct./Semin.**	**Lab.**
Créditos ECTS:	6	3.8	2.2	
Horas presenciales	45	28	11	6

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer los diferentes aspectos de la cosmología observacional, la radiación cósmica del fondo de microondas, la expansión (acelerada) del Universo, la nucleosíntesis primordial y los modelos cosmológicos.
- Adquirir la base necesaria para analizar críticamente los nuevos avances en Astrofísica y Cosmología.

Breve descripción de contenidos

- Fundamentos observacionales de la Cosmología.
- Modelo cosmológico estándar

Conocimientos previos necesarios

Materias y contenidos del Módulo de Formación General. Conocimientos previos de Gravitación y Relatividad General son muy recomendables para cursar la asignatura con aprovechamiento.

Profesor/a coordinador/a	José Alberto Ruiz Cembranos		**Dpto.**	FTA
	Despacho	03.310.0	**e-mail**	cembra@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	**Aula**	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Fechas**	**horas**	**T/P**	**Dpto.**
A	1	L,X	12:00-13:30	José Alberto Ruiz Cembranos	Todo el semestre	39	T/P	FT
B	1	M,J	14:00-15:30	Antonio López Maroto	Todo el semestre	39	T/P	FT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	José Alberto Ruiz Cembranos	M: 12:00-13:00 V: 11:00-13:00 (+3 no presenciales)	cembra@ucm.es	03.310.0
B	Antonio López Maroto	M, J: 11:00-12:30 +3h online	maroto@fis.ucm.es	03.313.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
L1	AI 1	17/03/2026, 9:30-11:30	Darío Jaramillo Garrido	2	FT
	AI 1	19/03/2026, 9:30-11:30	Darío Jaramillo Garrido	2	
	AI 1	20/03/2026, 9:30-11:30	Darío Jaramillo Garrido	2	
L2	AI 1	07/04/2026, 9:30-11:30	Darío Jaramillo Garrido	2	
	AI 3	09/04/2026, 9:30-11:30	Darío Jaramillo Garrido	2	
	AI 1	10/04/2026, 9:30-11:30	Darío Jaramillo Garrido	2	
L3	AI 1	14/04/2026, 9:30-11:30	Darío Jaramillo Garrido	2	
	AI 3	16/04/2026, 9:30-11:30	Darío Jaramillo Garrido	2	
	AI 1	17/04/2026, 9:30-11:30	Darío Jaramillo Garrido	2	
L4	AI 1	17/03/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
	AI 1	18/03/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
	AI 1	19/03/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
L5	AI 1	23/03/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
	AI 1	24/03/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
	AI 1	25/03/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
L6	AI 1	07/04/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
	AI 1	08/04/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
	AI 1	09/04/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
L7	AI 1	14/04/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
	AI 1	15/04/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	
	AI 1	16/04/2026, 16:00 - 18:00	Álvaro Cendal García	2	

Programa de la asignatura

Teoría

1. **Fundamentos observacionales**: distribución de materia a gran escala, materia oscura, expansión y edad del universo, asimetría bariónica y abundancia de elementos ligeros, radiación del fondo cósmico de microondas.
2. **Geometría y cinemática del universo en expansión**: métrica de Robertson-Walker, medida de distancias, horizontes y propagación de partículas.
3. **Dinámica del universo en expansión**: ecuaciones de Einstein. Modelos dominados por materia, radiación y constante cosmológica. Expansión acelerada y energía oscura. La cosmología estándar LCDM.
4. **Termodinámica del universo en expansión**: termodinámica del equilibrio, límites relativista y no relativista, teoría cinética en un universo en expansión, desacoplamiento y reliquias cosmológicas: fondo de neutrinos y materia oscura.
5. **Nucleosíntesis primordial**: abundancias de equilibrio, desacoplamiento de neutrones, producción del helio y otros elementos ligeros, abundancias observadas.
6. **Recombinación y desacoplamiento materia-radiación**: ecuación de Saha, recombinación del hidrógeno, desacoplamiento de los fotones.
7. **Teoría inflacionaria: problemas de la planitud y horizontes, modelos de inflación**. Origen y formación de grandes estructuras, anisotropías del fondo cósmico de microondas.

Prácticas

Se pretende que los alumnos adquieran un conocimiento más cercano a la investigación real en el campo a la vez que se muestra el enlace entre diversos datos experimentales y los modelos teóricos actuales sobre el origen y evolución del Universo. En particular, se abordan evidencias observacionales fundamentales en la cosmología, como las medidas de distancia de luminosidad de supernovas de tipo Ia.

El laboratorio consistirá en una serie de estudios estadísticos de máxima verosimilitud de distintos datos experimentales con diferentes modelos de evolución cosmológica.

Bibliografía

- E.W. Kolb and M.S. Turner, *The Early Universe*, Addison-Wesley, (1990)
- S. Dodelson, *Modern Cosmology*, Academic Press (2003)
- V.F. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology, Cambridge (2005)
- A.R. Liddle and D.H. Lyth, *Cosmological Inflation and Large-Scale Structure*, Cambridge (2000)
- A.R. Liddle*, An Introduction to Modern Cosmology*, Wiley (2003)
- T. Padmanabhan*, Theoretical Astrophysics, vols: I, II y III*, Cambridge (2000)
- S. Weinberg, *Cosmology*, Oxford (2008)
- B. Ryden, Introduction to Cosmology, Cambridge (2017)

Recursos en internet

Campus virtual

Metodología

- Clases de teoría y problemas.
- Se entregarán a los alumnos hojas con enunciados de problemas especialmente diseñadas para que el alumno vaya ejercitándose de manera gradual, y adquiriendo de forma secuencial las destrezas correspondientes a los contenidos y objetivos de la asignatura.

Se contempla la realización de práctica con ordenador.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10. El examen tendrá cuestiones teóricas y/o problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Se contempla la posibilidad de realizar prácticas de laboratorio y de ejercicios en clase. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.		
Calificación final		
Calificación final: $C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , N_{Exam} \}$ Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$ El criterio de calificación final se mantendrá en la convocatoria extraordinaria, así como la calificación correspondiente a otras actividades.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Plasmas y Procesos Atómicos		Código	800534	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Estructura de la Materia	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	3.6	2.4
Horas presenciales	45	27	18

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Ser capaz de evaluar los procesos radiativos y entender los efectos isotópicos, de mezcla de configuración y colisionales en átomos.
- Entender las principales características del estado de plasma, así como su comportamiento y aplicaciones.

Breve descripción de contenidos

- Física de plasmas.
- Procesos Atómicos.

Conocimientos previos necesarios

Son necesarios conocimientos de Mecánica Cuántica, Electromagnetismo, Estadísticas cuánticas, Física Atómica y Molecular que se habrán adquirido en las asignaturas de “Física Cuántica” I y II, de “Estructura de la Materia” y de “Física Atómica y Molecular”.

Profesor/a coordinador/a	Francisco Blanco Ramos		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.222.0	e-mail	pacobr@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	X, V	10:30 – 12:00	Jaime Rosado Vélez	1ª mitad	22,5	T/P	EMFTEL
				Francisco Blanco Ramos	2ª mitad	22,5		
B	1	L, X	16:00 – 17:30	Jaime Rosado Vélez	1ª mitad	22,5	T/P	EMFTEL
				Francisco Blanco Ramos	2ª mitad	22,5		

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Jaime Rosado Vélez	1er. semestre: M.J:15:00-18:00 2º semestre: X:12:00-13:30 V:12:30-14:00	jrosadov@ucm.es	03.241.0
	Francisco Blanco Ramos	1er sem.: L y X: 12:00-13:30 Tutorías no presenciales: a demanda de los estudiantes. 2º sem.: X y V: 12:00-13:30 Tutorías no presenciales: a demanda de los estudiantes.	pacobr@ucm.es	03.222.0
B	Jaime Rosado Vélez	1er. semestre: M.J:15:00-18:00 2º semestre: X:12:00-13:30 V:12:30-14:00	jrosadov@ucm.es	03.241.0
	Francisco Blanco Ramos	1er sem.: L y X: 12:00-13:30 Tutorías no presenciales: a demanda de los estudiantes. 2º sem.: X y V: 12:00-13:30 Tutorías no presenciales: a demanda de los estudiantes.	pacobr@ucm.es	03.222.0

Programa de la asignatura

Procesos Atómicos (aprox. 60% de la asignatura)
- Modelos de acoplamiento. Acoplamientos puros y acoplamiento intermedio
- Interacción de configuraciones
- Técnicas de medida y cálculo de probabilidades de transición
- Transiciones prohibidas y su presentación en átomos muy ionizados.
- Efectos isotópicos. Estructura hiperfina
- Procesos colisionales. Excitación, ionización, ensanchamiento de perfiles espectrales

Plasmas (aprox. 40% de la asignatura)
- Conceptos básicos: Neutralidad, Parámetros característicos (longitud de Debye, Frecuencia de Plasma...), Distribuciones de Equilibrio Termodinámico local (Ley de Saha, Boltzman, ...),Tipos de Plasmas, Aplicaciones.
- Procesos en Plasmas: Dinámica de partículas, invariantes Adiabáticos, Teoría cinética, ecuación Fockker-Planck, Magnetohidrodinámica, Confinamiento.
- Propagación de ondas: Ondas Alfvén, Ondas de alta frecuencia.
- Procesos colisionales. Difusión y resistividad según el grado de ionización.
- Plasmas de baja energía, mecanismos de descarga.

Bibliografía

Básica

• I. Sobelman. Atomic spectra and radiative transitions. Springer & Verlag.1991
• W.H.King, Isotope shifts in atomic spectra.Plenum Press 1984.
• S. Svanberg. Atomic and molecular spectroscopy. Springer. 2001
• Anne P. Thorne, *Spectrophysics,* Ed. Chapman and Hall 1974
• R. Dendy, *Plasma Physics. An introductory Course,* Cambridge 1995,
• Dinklage T. Klinger G.Marx L. Schweikhard, *Plasma Physics, Confinement, Transport and Collective Effects,* Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
• H. R. Griem, *Plasma Spectroscopy,* McGraw Hill.

Complementaria

• I. Sobelman, L.A.Vainhstein, E.A. Yukov. Excitation of atoms and broadening of spectral lines. Springer. 1995.
• C.Froese Fischer, T.Brage,P. Jönsson.Computational atomic structure. An MCHF Approach. IOP. Publishing Ltd. 2000.
• Aller B.H., *The atmospheres of the Sun and Stars,* Roland Press, New York (1963)
• D.E. Post and R. Behrisch, eds., *Physics of Plasma-Wall Interactions in Controlled Fusion,* Plenum Press, New York, 1986
• R.K. Janev and H.W. Drawin eds, *Atomic and Plasma Material Interaction in controlled Thermonuclear Fusion,* Elsevier, Amsterdam, 1993
• W.O. Hofer and J. Roth, *Physical Processes of the Interaction of Fusion Plasmas with Solids,* Academic Press, New York, 1996
• F.F.Chen, *Introduction to plasma phycis and controlled fusion,* New York- London: Plenum Press, 1990
• Y.P.Raizer, *Gas discharge physics,* Springer-Verlag, cop. 1991.

Recursos en internet

Diverso material proporcionado a través del campus virtual: enlaces de interés, hojas de ejercicios y sus soluciones, videos con todas las clases de teoría grabadas.

Metodología

En las clases de teoría se utilizarán todos los medios disponibles: pizarra, proyección de transparencias y presentaciones con ordenador.

Los conceptos teóricos explicados se reforzarán con ejercicios intercalados durante las clases.

Se propondrá la realización de 4 ejercicios entregables, algunos similares a los expuestos en clase y otros de cálculo numérico con software cuyo manejo se explicará previamente. Se promoverá el trabajo en grupo para su realización.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Dicho examen constará de una parte de Plasmas ($N_{ExamPlasmas}$) y otra de Procesos ($N_{ExamProcesos}$) y en

cada una de ellas debe obtenerse al menos una calificación de 3.5 (sobre 10) para aprobarlo.

El examen constará de varias cuestiones teórico-prácticas y problemas de nivel similar a los resueltos en clase.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

Cuatro ejercicios entregables, dos por cada parte de la asignatura.

Se recomendará su realización en grupos (máximo de 3 alumnos).

La entrega de estos ejercicios no será obligatoria, pero los no entregados se calificarán con 0.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{ExamPlasmas} \geq 3.5$ y $N_{ExamProcesos} \geq 3.5$

Si $N_{ExamPlasmas} < 3.5$ y/ó $N_{ExamProcesos} < 3.5$ la nota en actas será $C_{Final} = \text{mín}\{ N_{ExamAtomos}, N_{ExamMoleculas}\}$ y por tanto tendrá suspendida esa convocatoria independientemente del resto de calificaciones.

La calificación de cada parte del examen en la convocatoria ordinaria se podrá conservar para la convocatoria extraordinaria.

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Partículas Elementales		Código	800536	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Estructura de la Materia	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.6	2.4	
Horas presenciales	45	27	13	5

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Conocer el espectro, simetrías, estructura e interacciones de las partículas elementales: los hadrones, quarks y el modelo estándar.
Breve descripción de contenidos
Fundamentos empíricos y teóricos de la física de partículas elementales y sus agregados, desde los hadrones constituyentes del núcleo atómico a los elementos del modelo estándar.
Conocimientos previos necesarios
Mínimos: mecánica cuántica (especialmente teoría del momento angular, simetrías, procesos de dispersión), estructura cuántica de la materia (física nuclear y de partículas), procesos elementales en electrodinámica. Se considera requisito mínimo recomendable haber aprobado la asignatura de campos cuánticos (segunda cuantización, mecánica cuántica relativista). Es recomendable haber cursado la asignatura de simetrías y grupos en física.

Profesor/a coordinador/a	Ignazio Scimemi		Dpto.	FT
	Despacho	02.310.0	e-mail	ignazios@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	M, V	12:00-13:30	Jacobo Ruiz de Elvira Carrascal	Todo el semestre	34	T/P	FT
				Pablo Rabán Mondéjar	Todo el semestre	6	P	
B	1	L, X	14:30-16:00	Ignazio Scimemi	Todo el semestre	40	T/P	FT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Jacobo Ruiz de Elvira Carrascal	L, X: 11:00-13:30 X: 15:00-17:00	jacobore@ucm.es	02.321.0
	Pablo Rabán Mondéjar	L, X: 11:00-12:00	praban@ucm.es	03.322.0
b	Ignazio Scimemi	M, J: 10:30-12:00 +3h online	ignazios@fis.ucm.es	02.310.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
L1	Aula Informática 2	M 3/03/26 y J 5/03/26 de 14:30 a 17:00	Clara Álvarez Luna	5	FT
L2	Aula Informática 2	X 4/03/26 y J 5/03/26 de 10:30 a 13:00	Javier Martínez Martín	5	
L3	Aula Informática 2	M 10/03/26 y J 12/03/26 de 14:30 a 17:00	Clara Álvarez Luna	5	
L4	Aula Informática 2	X 11/03/26 y J 12/03/26 de 10:30 a 13:00	Javier Martínez Martín	5	
L5	Aula Informática 3	M 24/03/26 y J 26/03/26 de 14:30 a 17:00	Clara Álvarez Luna	5	
L6	Aula Informática 3	X 25/03/26 y J 26/03/26 de 10:30 a 13:00	Javier Martínez Martín	5	
L7	Aula Informática 3	M 7/04/26 y J 9/04/26 de 14:30 a 17:00	Patricia Andrea Gutiérrez García	5	

Programa de la asignatura

1. **Introducción:** Cinemática y leyes de conservación. Sistema de unidades natural. Clasificación somera de las partículas. Secciones eficaces totales, elásticas e inelásticas.
2. **Métodos experimentales:** Aceleradores lineales. Aceleradores circulares y fuentes de luz sincrotrón.Paso de partículas por la materia. Elementos de un detector moderno.
3. **Teoría cuántica de campos y Electrodinámica Cuántica:** Breve repaso de las nociones básicas en teoría cuántica de campos. Reglas de Feynman. Algunos procesos electromagnéticos elementales a primer orden. Dispersión y producción de pares.
4. **Espectro hadrónico:** El modelo quark. Representaciones del grupo SU(2), SU(3) y SU(4). Funciones de estructura y modelo de partones. Factores de forma.
5. **Cromodinámica Cuántica:** Elementos de teoría de Yang-Mills. Formulación del lagrangiano. Procesos elementales: teoremas de factorización, chorros de hadrones, desintegraciones de mesones, etc. Descripción cualitativa de la libertad asintótica y el confinamiento del color.
6. **Interacciones débiles y unificación:** Interacción de contacto de Fermi. Bosones mediadores. Rotura espontánea de simetría. Formulación del modelo estándar y consecuencias experimentales. Experimentos de oscilación de neutrinos. Unificación de constantes.
7. **Física del sabor:** Matriz CKM. Violación de CP y física de kaones. Opciones para el modelo estándar con neutrinos masivos.
8. **Temas de especialización:** Experimentos anómalos y física más allá del Modelo Estándar

Bibliografía

Básica

- Quarks and Leptons: Introductory Course in Modern Particle Physics (F. Halzen, A.D. Martin, John Wiley & sons, 1984).
- Collider Physics within the Standard Model: a Primer, G. Altarelli, Lect.Notes Phys. 937 (2017) 1-173, e-Print:1303.2842 [hep-ph]
- Collider Physics, V. D. Barger, R. J. N. Philips, CRC Press, ISBN-13 : 978-0367091101
- Selected problems in theoretical particle physics (with solutions), de A. Di Giacomo (Author), G Paffuti (Author), P Rossi (Author), World Scientific Publishing Company, ISBN-13: 978-9810216146

Complementaria

- Gauge Theories in Particle Physics: A Practical Introduction (I. Aitchison y A. Hey, cuarta edición, CRC Press).
- An introduction to Quantum Field Theory (M.E. Peskin, D.V. Schroeder, CRC Press, 1995)
- Introduction to Particle Physics (D. Griffiths, Wiley VCH, 2ª edición revisada, 2008)
- The Standard Model and Beyond (P. Langacker, CRC Press 2010)
- Introduction to Quarks and Partons (F. E. Close, Academic Press 1979).
- Gauge Theory of Elementary Particle Physics (T. Cheng y L.-F. Li, OUP Oxford 1984).
- Introduction to High Energy Physics, (D. Perkins, cuarta edición, Cambridge Univ. Press, 2000).

Recursos en internet

* The Review of Particle Physics http://pdg.lbl.gov/

* CORE 3.1 (V.I. Borodulin, R.N. Rogalyov, S.R. Slabospitskii), e-Print: 1702.08246 [hep-ph] https://inspirehep.net/literature/1515220

* Se podrán proporcionar archivos adicionales de la asignatura a través del campus virtual.

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

Lecciones en las que primero se explicarán los conceptos teóricos fundamentales y a continuación se ilustrarán dichos conceptos con ejemplos y aplicaciones.

Seminarios sobre métodos experimentales en física de partículas: proyección de diapositivas.

Prácticas que requieran solución numérica: aula-laboratorio de física computacional.

Los alumnos prepararán y podrá pedirse que expongan en clase los temas del programa enumerados como temas de especialización.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.		

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

En este apartado se valorarán tres tipos de trabajos distintos:

1. Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual.
2. Informe o informes de las prácticas de laboratorio.
3. Voluntariamente, se podrá desarrollar uno de los temas del programa de especialización asociado a un artículo científico o similar (este trabajo podrá ser expuesto en clase).

También se podrá realizar una prueba de control a mitad del cuatrimestre de tipo test o con preguntas breves.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Física de la Materia Condensada		Código	800537	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Estructura de la Materia	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	3.6	2.4
Horas presenciales	45	27	18

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Adquirir los conocimientos fundamentales sobre los fenómenos cuánticos en los sólidos.
Breve descripción de contenidos
Física de la materia condensada. Técnicas, métodos, aproximaciones, modelos y teorías. Efectos cuánticos. Efectos cooperativos.
Conocimientos previos necesarios
Física Estadística y Física del Estado Sólido, a un nivel básico (1 cuatrimestre). Física Cuántica a un nivel avanzado (2 cuatrimestres).

Profesor/a coordinador/a	Fernando Sols Lucia		Dpto.	FM
	Despacho	02.108.0	e-mail	f.sols@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	M, J	10:30 – 12:00	Fernando Sols Lucia	Todo el cuatrimestre	45	T/P	FM

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Fernando Sols Lucia	L, X, V. 11:00-13:00	f.sols@ucm.es	02.108.0

Programa de la asignatura

1. **Electrones con interacciones.** Aproximación de Hartree-Fock. Modelos de apantallamiento. Líquidos de Fermi. Excitaciones elementales. Funcional de la densidad. Ecuaciones de Kohn-Sham. Fonones en metales.

2. **Teoría cuántica de muchos cuerpos.** Segunda cuantización. Funciones de Green. Teorema de Wick. Diagramas de Feynman. Ecuación de Dyson. Autoenergía. Cuantización del fonón. Interacción electrón-fonón.

3. **Teoría cuántica del transporte electrónico.** Transporte semiclásico. Localización débil. Efecto Aharonov-Bohm. Conductancia como transmisión en nanoestructuras. Efecto Hall cuántico.

4. **Superconductividad y superfluidez.** Problema de Cooper. Teoría BCS. Ecuación del gap. Energía de condensación. Cuasipartículas de Bogoliubov. Respuesta electrodinámica. Corriente crítica. Superfluidez de bosones. Criterio de Landau.

5. **Magnetismo.** Paramagnetismo de Pauli. Diamagnetismo de Landau. Magnones ferro- y antiferromagnéticos.

Bibliografía

Principal:

- S. M. Girvin and K. Yang, *Modern Condensed Matter Physics* (Cambridge Univ. Press, 2019).
- M. P. Marder, *Condensed Matter Physics* (John Wiley, New York, 2000).

Complementaria:

- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, *Solid State Physics* (Holt-Saunders, Philadelphia, 1976).
- C. Kittel, *Quantum Theory of Solids* (John Wiley, New York, 1963).
- A. L. Fetter and J. D. Walecka, *Quantum Theory of Many-Particle Systems* (McGraw-Hill, New York, 1971).
- D. Pines and P. Nozieres, The Theory of Quantum Liquids (Taylor & Francis, Cambridge, 1999).
- M. Tinkham, Introduction to Superconductivity, 2nd edition (McGraw-Hill, New York, 1996).
- A. J. Leggett, *Quantum Liquids: Bose Condensation and Cooper Pairing in Condensed-Matter Systems* (Oxford Univ. Press, Oxford, 2006).
- D. C. Mattis, The Theory of Magnetism Made Simple (World Scientific, London, 2006).

Recursos en internet

Los problemas propuestos y el contenido teórico se subirán al campus virtual. Los entregables voluntarios se subirán escaneados al campus virtual.

Metodología

Clases teóricas generales y discusión de ejercicios previamente propuestos.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam}, comprendida entre 0 y 10.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Se propondrá una serie de actividades (principalmente resolución de ejercicios) que serán evaluadas		

entre 0 y 10. La calificación será la media de todas las actividades.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos		Código	800541	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácts./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	45	30	1	14

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
● Adquirir los conocimientos necesarios para el estudio de sistemas con interacción. Conocer los fenómenos críticos y su estudio.
Breve descripción de contenidos
Física estadística: transiciones de fase y fenómenos críticos.
Conocimientos previos necesarios
Para cursar la asignatura con aprovechamiento es imprescindible dominar los conceptos y técnicas matemáticas que se enseñan en las asignaturas de Termodinámica, Física Estadística y Física del Estado Sólido.

Profesor/a coordinador/a	Víctor Martín Mayor		Dpto.	FT
	Despacho	03.323.0	e-mail	vicmarti@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2022/23

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	M,J	9:00-10:30	Víctor Martín Mayor	Martes (del 20 de enero al 17 de febrero de 2026)	7.5	T	FT
				Ricardo Brito López	Martes (desde el 24 de febrero) y Jueves (desde el 22 de enero) hasta completar las horas	22.5	T/P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Víctor Martín Mayor	M: 11:30-13:00. X: 9:00-10:30 +3 horas online	vicmarti@ucm.es	03.323.0
	Ricardo Brito López	X y J: 12:00-13:30 +3 horas online	brito@ucm.es	01.114.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
A1	Aula Computacional	Lunes: de 14:45 a 16:45 Martes: de 14:45 a 16:45 Desde el 16 de Febrero hasta completar las horas	Víctor Martín Mayor	12	FT
A2	Aula Computacional	Martes: de 16:45-18:45 Miércoles: de 16:45-18:45 Desde el 17 de Febrero hasta completar las horas	Víctor Martín Mayor	12	
A3	Aula Computacional	Lunes: 16:45-18:45 Miércoles: 14:45-16:45 Desde 16 de Febrero hasta completar las horas.	Víctor Martín Mayor	12	
LT1	Lab. de Termodinámica	Los horarios se determinarán en función dela programación de la asignatura “Laboratorio de Física II”	Ricardo Brito López	3	EMFTEL
LT2	Lab. de Termodinámica	Los horarios se determinarán en función dela programación de la asignatura “Laboratorio de Física II”	Ricardo Brito López	3	
LT3	Lab. de Termodinámica	Los horarios se determinarán en función dela programación de la asignatura “Laboratorio de Física II”	Ricardo Brito López	3	

Programa de la asignatura

Teoría:

1. Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos. Transición líquido-vapor. Transición Ferromagnética. Modelo de Ising. Parámetro de orden, simetrías y clasificación. Exponentes críticos. Ejemplos: Mezclas, superconductividad, cristales líquidos, polímeros, etc.
2. Teoría de Campo Medio. Modelo de Weiss. Exponentes críticos. Transición líquido-vapor en Campo Medio. Teoría de van der Waals.
3. Teoría de Landau. Estados metaestables. Modelos espacialmente extendidos. Teoría de Ginzburg-Landau.
4. Leyes de escala e hipótesis de Kadanoff. Introducción al Grupo de Renormalización.

Prácticas:

En el Laboratorio de Física Teórica: comportamiento crítico en el modelo de Ising ferromagnético bidimensional.

- Propiedades dinámicas de diversos algoritmos de Monte Carlo.
- Comportamiento crítico en el límite termodinámico.
- Escalado de tamaño finito en el punto crítico.

En el Laboratorio de Termodinámica: Estudio experimental de la Transición Líquido-Vapor en SF6.

Bibliografía

Bibliografía básica:

• M. Baus, C. F. Tejero. Equilibrium Statistical Physics. Phases of Matter and Phase Transitions. Springer (2008).

• J.J. Binney, N.L. Dowrick, A.J. Fisher, M.E.J. Newman. The Modern Theory of Critical Phenomena. Clarendon Press, Oxford (1995).

• J. Cardy, Scaling and Renormalization in Statistical Physics. Cambridge UP (1996).

• J. M. Yeomans, Statistical Mechanics of Phase Transitions. Oxford Science Publications (1993).

Bibliografía complementaria:

• D.J. Amit, V. Martín Mayor. Fields Theory, the Renormalization Group and Critical Phenomena. 3rd edition, World Scientific, Singapore (2005).

• H.G. Stanley, Introduction to Phase Transition and Critical Phenomena, Oxford UP (1971).

Recursos en internet

Metodología

Las actividades de formación consistirán en:

• Lecciones de teoría donde se expondrán los conceptos de la asignatura y se realizarán los desarrollos teóricos y se desarrollarán los problemas asociados.

• Clases prácticas en el Laboratorio de Física Teórica donde se llevará a cabo una simulación de un modelo físico que experimenta una transición de fase continua. Se proporcionarán los programas de simulación y de análisis básico de resultados, dejando al estudiante todas las tareas de comparación y discusión de los mismos.

• Laboratorio de Termodinámica donde se realizará el experimento de la transición de fase en el SF6.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	50%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Se realizará un examen final sobre los contenidos desarrollados durante el curso.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%

Presentación de sendos informes sobre los resultados obtenidos en la práctica de simulación realizada en el Laboratorio de Física Teórica y la realizada en el Laboratorio de Termología.

Se valorará la claridad y la correcta estructuración en las presentaciones, así como las posibles contribuciones originales del estudiante.

Para que este apartado puntúe se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- La asistencia al aula computacional y al laboratorio durante el periodo lectivo y la presentación de sendos informes en la fecha fijada por los profesores.

- Obtener una calificación superior a 4 puntos en cada informe

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.5N_{Exam} + 0.5N_{OtrasActiv}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Coherencia Óptica y Láser		Código	800543	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	45	30	9	6

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Comprender los conceptos asociados a la coherencia y los fundamentos de la amplificación de radiación.
Breve descripción de contenidos
Propiedades de emisión en la materia, resonadores ópticos, amplificadores de radiación, dinámicas temporales y espectrales, tipos de láser y aplicaciones. Propiedades estadísticas del campo electromagnético entendido como proceso aleatorio, en particular relacionadas con correlaciones de amplitud y de intensidad, en el dominio clásico y cuántico.
Conocimientos previos necesarios
Es aconsejable haber cursado las asignaturas de Óptica y Laboratorio de Física III.

Profesor/a coordinador/a	Rosa Weigand Talavera		Dpto.	Óptica
	Despacho	01.305.0	e-mail	weigand@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	L,X	9:00 – 10:30	Rosa Weigand	Todo el cuatrimestre	39	T/P	OPT

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Rosa Weigand Talavera	L,X,V de 12:00 a 14:00	weigand@ucm.es	01.305.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	**Lugar**	**sesiones**		**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
GL1	02.239.A/B	L: 23/02/26 L:02/03/26	15:00-16:30 h	Rosa Weigand Talavera	3	OPT
GL2		M: 24/02/26 M:03/03/26			3	
GL3		X: 25/02/26 X: 04/03/26			3	
GL4		J: 26/02/26 J: 05/03/26			3	
GL5		V: 27/02/26 V: 06/03/26			3	
L1	S.205.A	L: 27/04/26 de 10:30-13:30 h		Óscar Martínez Matos	3	
L2		L: 27/04/26 de 14:00-17:00 h			3	
L3		M: 28/04/26 de 10:30-13:30 h			3	
L4		X: 29/04/26 de 10:30-13:30 h			3	
L5		X: 29/04/26 de 14:00-17:00 h			3	

Programa de la asignatura

- Emisión en la materia.
- Ecuaciones de balance.
- Amplificación de radiación: inversión de población, ganancia, umbral.
- Resonadores ópticos.
- Osciladores y amplificadores láser.
- Dinámicas temporales.
- Tipos de láseres.
- Coherencia clásica: función de coherencia mutua.
- Coherencia temporal: teorema de Wiener-Khintchine.
- Coherencia espacial: teorema de van Cittert-Zernike.
- Estadística de fotones.
- Correlaciones de Hanbury-Brown-Twiss.

PRÁCTICAS:

Caracterización de láseres de diodo; Observación de coherencia en fuentes de luz; Holografía Analógica; Moteado Láser.

Bibliografía

- M. L. Calvo (Coord.), Óptica Avanzada, Editorial Ariel, Barcelona (2002).

- O. Svelto, Principles of lasers, 5th edition, Springer (2010).

- J. M. Guerra Pérez, Física del Láser, http://alqua.tiddlyspace.com/

- L. Mandel y E. Wolf, Optical coherence and quantum optics. Cambridge University Press

(1995).

- P. Milloni y J. H. Eberly, Lasers. John Wiley & Sons, New York (1988).

- B. E. A. Saleh, M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley-Blackwell, Hoboken (2019).

Recursos en internet

Campus virtual

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Clases de teoría, donde se presentarán y comentarán los contenidos, ilustrados con ejemplos y aplicaciones.

- Clases prácticas, que incluyen la resolución de problemas, la realización de prácticas en el laboratorio, trabajos con apoyo multimedia.

En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador o transparencias, simulaciones por ordenador, etc.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Examen parcial: Sí Eliminatorio: Sí Nota mínima para que elimine materia: $N_{Parcial} \geq 5$

Peso parcial: 50%

Examen final:

- Si $N_{Parcial} < 5$: abarcará todos los contenidos de la asignatura
- Si $N_{Parcial} \geq 5$, hay dos opciones:

  a) Realizar un examen que abarcará solo los contenidos explicados en la segunda parte de la asignatura, en la misma fecha y hora en la que se realizará el examen final.

  b) Realizar el examen final. La calificación final en este apartado será la obtenida en este examen. No se conserva la nota del examen liberatorio

En la convocatoria extraordinaria de julio se realizará un único examen final en el que se evaluará toda la asignatura.

Calificación final del apartado de realización de exámenes:

- Si se ha eliminado materia (caso a)): $N_{Exam} = 0.5\ N_{Parcial} + 0.5\ N_{Final2aParte}$
- Si no se ha eliminado materia o en el caso b): $N_{Exam} = N_{Final}$

El examen consistirá en la resolución de cuestiones prácticas (problemas) de nivel similar a los resueltos en clase y se podrá consultar un formulario confeccionado por el propio alumno.

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

En este apartado se podrán valorar algunas de las siguientes actividades:

- Tests y/o controles realizados en clase (20%).

- Prácticas de laboratorio (10%).

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4.5$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

9. Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Aplicada)

Grado en Física (curso 2025-26)

Fotónica		Código	800526	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Obligatoria de Física Aplicada	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.2	1.8	
Horas presenciales	45	31	11	3

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer los fundamentos de la Fotónica
- Comprender y manejar los fenómenos asociados con la anisotropía y la polarización: birrefringencia, dicroísmo, etc.
- Entender los procesos y dispositivos implicados en la emisión y radiación de la luz

Breve descripción de contenidos

Propagación en la materia; birrefringencia, dicroísmo y fenómenos asociados con la polarización; emisores y detectores de radiación; introducción al láser; dispositivos fotónicos.

Conocimientos previos necesarios

Es aconsejable haber cursado la asignatura de Óptica, Electromagnetismo II y el Laboratorio de Física III.

Profesor/a coordinador/a	Rosa Weigand Talavera		Dpto.	Óptica
	Despacho	01.305.0	e-mail	weigand@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	12	L,X	9:00–10:30	Ángel S. Sanz Ortiz	Todo el cuatrimestre	42	T/P	OPT
B	Sem.3.2 11	M J	10:30-12:00	Rosa Weigand Talavera	Todo el cuatrimestre	42	T/P	OPT
C	12	M,J	14:30-16:00	Laura Martínez Maestro	Todo el cuatrimestre	42	T/P	OPT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Ángel S. Sanz Ortiz	1er sem: L: 11:00-13:00 14:00-16:00 2º semestre: X: 11:00-13:00	a.s.sanz@fis.ucm.es	01.307.0
B	Rosa Weigand Talavera	L,X,V: 12:00-14:00	weigand@fis.ucm.es	01.305.0
C	Laura Martínez Maestro	M,X,J: 10:00-12:00 presencial	lauram40@fis.ucm.es	01.332.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	**Lugar**	**sesiones**		**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
L1	0.239.A/B	24/11/2025 01/12/2025	12:00-13:30	Ángel S. Sanz Ortiz	3	OPT
L2	0.239.A/B	25/11/2025 02/12/2025		Rosa Weigand Talavera	3	OPT
L3	0.239.A/B	26/11/2025 03/12/2025		Ángel S. Sanz Ortiz	3	OPT
L4	0.239.A/B	27/11/2025 04/12/2025		Rosa Weigand Talavera	3	OPT
L5	0.239.A/B	28/11/2025 05/12/2025		Rosa Weigand Talavera	3	OPT

Programa de la asignatura

· Introducción (polarización, vector de Poynting, índice de refracción).

· Propagación e interacción de la luz en medios materiales:

- Caracterización de luz polarizada: Parámetros de Stokes y esfera de Poincaré.
- Medios semiconductores. Metamateriales.
- Dispersión temporal. Relaciones de Kramers-Krönig.
- Medios anisótropos. Birrefringencia y dicroísmo. Aplicaciones (retardadores y polarizadores).
- Medios ópticamente activos.
- Anisotropías inducidas. Efecto Faraday. Efecto Pockels.
- Efectos no lineales. Generación de segundo armónico. Efecto Kerr óptico.

· Guías de onda y fibras ópticas. Modos. Velocidad de propagación. Dispersión. Atenuación.

· Generación de luz:

- Emisión espontánea y estimulada. Coeficientes de Einstein.
- Perfiles de línea.

- Láseres. Ecuaciones de balance. Ganancia. Umbral. Resonadores. Tipos de láser.

· Fotodetectores. Tipos y características.

Bibliografía

Por orden alfabético:

- J. M. Cabrera, F. J. López y F. Agulló. Óptica Electromagnética, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington 1993.
- J. M. Cabrera, F. Agulló y F. J. López, Óptica Electromagnética Vol. II: Materiales y Aplicaciones, Addison Wesley/Universidad Autónoma de Madrid 2000.
- W. Demtröder, Atoms, Molecules and Photons. Springer 2006.
- G. R. Fowles, Introduction to Modern Optics, Dover, New York 1989.
- A. Ghatak, Optics,Mc Graw Hill, 2010
- M. Fox, Quantum Optics. An Introduction, Oxford Univ. Press 2006.
- D. J. Hagan, P.G. Kik, Light-Matter Interaction. Document Open Access 2013- OSE5312.
- F. G. Smith, T. A. King and D. Wilkins, Optics and Photonics. An Introduction, Wiley 2007.
- B. E. A. Saleh and M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, John Wiley & Sons 2007.

Recursos en internet

-El material docente (presentaciones, videos, enlaces, etc) empleado en las clases de teoría y prácticas estará disponible en el Campus Virtual.

-Las tutorías se podrán realizar mediante videoconferencia, a través del campus Virtual de la asignatura, por correo electrónico o mediante cualquier otro procedimiento, previa comunicación al profesor o profesora.

Metodología

Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones.

- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.
- Prácticas de laboratorio.
- Se suministrarán los enunciados de problemas con antelación a su resolución en clase.
- Se suministrará una bibliografía disponible en la Biblioteca de la Facultad.
- Se utilizará el Campus Virtual.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

Se realizará un examen final obligatorio.

Además, a lo largo del cuatrimestre, se podrá realizar un examen parcial eliminatorio de parte de la

asignatura.

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

Se valorarán las siguientes actividades:

- Prácticas de laboratorio (20%). Se realizarán al final del cuatrimestre y la asistencia al laboratorio será obligatoria.
- Posible entrega de problemas propuestos y/o posibles ejercicios resueltos de corta duración realizados en horario de clase, así como otras actividades (10%).

Calificación final

A = Nota del examen final en una escala de 0-10.

L = Nota de laboratorio en una escala de 0-10.

O = Nota obtenida por otras actividades en una escala de 0-10.

En caso de que la calificación del examen parcial sea igual o superior a 5, A será la media que resulte de dicha nota y la segunda parte del examen final.

La calificación final, CF, será la máxima entre la nota obtenida en la evaluación continua:

$$EC = 0,7 \times A + 0,2 \times L + 0,1 \times O$$

y la nota A. Solo se aplicarán los porcentajes de evaluación continua cuando A sea igual o superior a 4.

Para superar la asignatura, es necesario obtener una calificación final CF mayor o igual a 5.

La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Electrónica Física		Código	800527	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Obligatoria de Física Aplicada	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4.2	1.8
Horas presenciales	45	31	14

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Comprender el significado de la estructura de bandas de un semiconductor.
- Entender el significado de la masa efectiva y de la movilidad de un semiconductor y en general todos los conceptos relacionados con el transporte portadores.
- Saber calcular las concentraciones de portadores tanto en situación de equilibrio como de desequilibrio.
- Comprender las ecuaciones de continuidad y corriente como básicas para el funcionamiento de los dispositivos electrónicos.
- Comprender el fenómeno de inyección de portadores y la teoría de Shockley de la unión P-N.
- Entender básicamente la Física de dispositivos electrónicos.

Breve descripción de contenidos

Electrónica (semiconductores: estados electrónicos y estructuras de bandas; estadística de portadores, recombinación; transporte de portadores, efecto Hall, transporte ambipolar; unión p-n).

Conocimientos previos necesarios

Física del Estado Sólido.

Profesor/a coordinador/a	Ignacio Mártil de la Plaza		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.109.0	e-mail	imartil@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	12	M, J	9:00-10:30	Ignacio Mártil de la Plaza	Todo el cuatrimestre	4,5	T/P	EMFTEL
B	12	M,J	16:00-17:30	David Pastor Pastor	Todo el cuatrimestre	4.5	T/P	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Ignacio Mártil de la Plaza	1er. sem. V: 10:00-13:00 (+3h online por la tarde) 2º sem. M y J: 10:00-13:00	imartil@fis.ucm.es	03.109.0
B	David Pastor Pastor	1 sem. L: 11:00-13:00 X: 10:00-11:00 Resto online 2º sem. L: 11:00-13:00 J: 10:00-13:00 Resto online	dpastor@ucm.es	03.207.A

Programa de la asignatura

1. **Conceptos básicos de la estructura de bandas en sólidos**
   1. Diagramas E-k
   2. Electrones y huecos en semiconductores. Masa efectiva
   3. Diagramas de bandas de semiconductores reales
2. **Estadística de portadores en equilibrio**
   1. Ocupación de los estados en las bandas: función densidad de estados; estadísticas de Fermi-Dirac y de Maxwell-Boltzmann.
   2. Semiconductores intrínsecos.
   3. Dopado de semiconductores. Semiconductores extrínsecos
3. **Estadística de portadores fuera del equilibrio**
   1. Procesos de Generación y Recombinación.
   2. Pseudo niveles de Fermi.
   3. Mecanismos de recombinación. Niveles de demarcación
   4. Cálculo de tiempos de vida mediante modelización
4. **Teoría cinética del transporte de portadores**
   1. Modelo cinético del transporte en semiconductores. Movilidad
   2. Corrientes de arrastre. Conductividad en presencia de campo magnético. Efecto Hall
   3. Corrientes de difusión. Ecuación de continuidad
   4. Transporte ambipolar. Experimento de Haynes-Shockley
5. **Unión PN ideal**
   1. Unión en equilibrio Aproximación de unión abrupta
   2. Unión en polarización. Capacidad de transición.
   3. Modelo de Shockley de la unión. Corrientes.
   4. Capacidad de difusión.
   5. Circuito equivalente de la unión PN
   6. Introducción a los dispositivos electrónicos

Bibliografía

1.- Bhattacharya P., “Semiconductor Optoelectronic Devices”, Prentice Hall, 1998
2.- Bube R.H., “Electronic Properties of Crystalline Solids. An Introduction to Fundamentals”, Academic Press, 1992
3.- Hess, K. “Advanced theory of semiconductor devices”. IEEE Press, 2000.
4.- Neamen, D. A. “Semiconductor physics and devices. Basic principles”. Irwin, 1992.
5.- Pierret, R. F. “Advanced semiconductor fundamentals”. Modular Series on Solid State Devices, Volumen VI. Addison-Wesley, 1989
6.- Sapoval, B. y Hermann, C. “Physics of semiconductors”. Springer-Verlag, 1995
7.- Shalímova, K. V. “Física de los semiconductores”. Mir, 1975
8.- Tyagi, M. S. “ Introduction to semiconductor materials and devices”. John Wiley and ons, 1991.
9.- Wang, S. “ Fundamentals of semiconductor theory and device physics”. Prentice Hall, 1989

Recursos en internet

En Campus Virtual de la UCM: https://www.ucm.es/campusvirtual/CVUCM/index1.php

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones (3 horas por semana).
- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas en función del volumen de matrícula.

En las lecciones de teoría se utilizará la pizarra y proyecciones con ordenador y transparencias. Ocasionalmente, estas lecciones se verán complementadas con simulaciones por ordenador y prácticas virtuales, que serán proyectadas en el aula.

Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en la clase, que los encontrará en el campus virtual.
Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entregas de ejercicios tales como problemas resueltos y trabajos específicos.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Este bloque de evaluación constará únicamente de examen final.

El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).

Para la realización de la parte del examen correspondiente a problemas se facilitará un formulario a través del espacio que tiene la asignatura en el campus virtual.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

Se realizarán, entre otras, las siguientes actividades de evaluación continua:

- Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.

Calificación final

a calificación final será la mejor de las opciones:

CFinal=0.7NExamen+0.3NOtrasActiv . CFinal=NExamen .

donde NOtrasActiv es la calificación correspondiente a Otras actividades y NExamen la obtenida de

la realización del examen. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluació La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Sistemas Dinámicos y Realimentación		Código	800545	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	45	26	9	10

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer los principios básicos y las herramientas necesarias para el análisis y diseño de sistemas físicos realimentados.
- Ser capaz de diseñar controladores sencillos para sistemas físicos.
- Conocer los límites del control.

Breve descripción de contenidos

Los sistemas dinámicos son aquellos que evolucionan en el tiempo.

La realimentación consiste en emplear los valores presentes de los estados o las salidas de un sistema para influir en su comportamiento futuro. Es un elemento fundamental en el control de sistemas y se encuentra presente tanto en la naturaleza como en la mayoría de las aplicaciones científicas y tecnológicas.

En la asignatura se presentan el concepto de modelado, la descripción matemática de los modelos y técnicas de representación y de simulación, así como las técnicas de análisis y síntesis de controladores: respuesta temporal y respuesta en frecuencia. Se estudia como la realimentación sirve para modificar el comportamiento de los sistemas, y también como podemos reconstruir el estado de un sistema a partir de algunas señales de medida.

Se utiliza el lenguaje Matlab-Simulink para modelado, simulación y resolución de problemas de análisis y diseño de sistemas de control.

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de álgebra, cálculo y ecuaciones diferenciales.

Profesor/a coordinador/a	Juan Jiménez Castellanos		Dpto.	DACyA
	Despacho	02.222.0	e-mail	jfjimene@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	horas	T/P*	Dpto.
A	12	L X	13:30-15:00 16:00-17:30	Juan Jiménez Castellanos	Todo el cuatrimestre	35	T/P	DACyA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Juan Jiménez Castellanos	X, V: 9.30 a 12.30	juan.jimenez@fis.ucm.es	02.222.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
A1	Laboratorio de Sistemas Digitales 02.241.B	29/09/2025 13/10/2025 27/10/2025 03/11/2025 17/11/2025 24/11/2025 01/12/2025	Juan Jiménez Castellanos	10	DACyA

Programa de la asignatura

• Tema 1. Introducción

Realimentación y control. Propiedades de la realimentación. Ejemplos de sistemas de control.

• Tema 2. Modelado de sistemas dinámicos

Conceptos de modelado. Modos de representación de sistemas dinámicos. Sistemas en el espacio de estados Ejemplos de sistemas dinámicos: sistemas mecánicos, sistemas electrónicos, electro-mecánicos, dinámica de poblaciones. Simulación y soluciones numéricas de sistemas dinámicos. Sistema autónomos de segundo orden.

• Tema 3. Comportamiento dinámico y estabilidad.

Estabilidad de un sistema dinámico. Puntos de equilibrio. Estabilidad de Lyapunov. Principio de invarianza de LaSalle

• Tema 4. Diseño de controladores para sistemas en el espacio de estados.

Seguidor de trayectorias deseadas. Diseño de ciclos límites para sistemas bidimensionales.

• Tema 5. Sistemas lineales

Mapas Lineales. Sistema continuos y lineales en el espacio de estados. Solución a sistemas continuos y lineales en el espacio de estados. Solución a sistemas invariantes en el tiempo, continuos y lineales en el espacio de estados (lti). Linealización de sistemas en el espacio de estados. Estabilidad interna o de Lyapunov, para sistemas lineales

• Tema 6. Control de sistemas lineales por realimentación de estados. Controlabilidad. Estabilización de un lti por realimentación de estados. Observabilidad en sistemas lti. Estimación de estados en sistemas lti. Estabilización de un sistema lti por realimentación con su salida. El regulador cuadrático lineal (LRQ). Seguimiento de una consigna constante.

• Tema 7. Aspectos prácticos del control. (Práctica Control de un motor eléctrico)

Límites al control. Implementación del control en un computador. Control en tiempo real.

Bibliografía

• Hassan K. Khalil. Nonlinear Systems. 3rd edition (2002). Pearson.

• João P. Hespanha. Linear Systems Theory. 2nd eititon (2018) Princeton University Press

• K.J. Aström & R.M. Murray. Feedback systems. An introduction for scientists and engineers. Princeton University Press, 2008.

• R.C. Dorf & R.H. Bishop. Sistemas de control moderno. 10ª Edición. Prentice Hall, 2010.

Recursos en internet
La asignatura está en el Campus Virtual y contiene los apuntes y otro material auxiliar para su seguimiento.

Metodología
La asignatura se impartirá mediante clases teóricas, seminarios, tutorías y prácticas. Las clases teóricas consistirán en lecciones magistrales en las que se expondrá el temario completo de la asignatura. Para su correcto seguimiento se dispondrá de apuntes disponibles en el Campus Virtual y de material auxiliar como libros electrónicos y artículos de interés. Número de horas presenciales 21. Los seminarios consistirán en el planteamiento y realización de ejercicios y problemas propuestos. Número de horas presenciales 8. Las tutorías dirigidas en el aula consistirán en la dirección y supervisión del progreso de los estudiantes y en la resolución de dudas que se planteen. Número de horas presenciales 4. Para cada tema se realizará una práctica que se resolverá con ayuda de un computador o bien mediante un sistema real de laboratorio. Número de horas presenciales 10. Se utilizará el lenguaje Matlab-Simulink para el análisis y diseño de sistemas de control, para la resolución de problemas y la realización de las prácticas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50%
Se realizarán dos exámenes escritos en convocatoria ordinaria de junio y extraordinaria de julio, que representan el 50% de la evaluación global. Cada examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas de valor el 40% de la nota del examen, y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase) de valor el 60% de la nota del examen.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%
En cada tema se planteará una práctica que tendrá que realizarse necesariamente. Los resultados se discutirán en las tutorías dirigidas. Asimismo, se llevarán a cabo pruebas formativas de carácter teórico-práctico para una evaluación continuada durante las tutorías, discutiéndose los resultados para mejorar el aprendizaje del estudiante.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final}=0.5N_{Exámenes}+0.5N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Fenómenos de Transporte		Código	800547	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	45	26	7	12

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer los fundamentos físicos de la transferencia de energía, materia y carga eléctrica.
- Saber desarrollar las ecuaciones de control que rigen los diferentes mecanismos de transporte.

Breve descripción de contenidos

Transferencia de calor, momento, materia y carga eléctrica.

Conocimientos previos necesarios

Es recomendable poseer un buen nivel de programación en Python. Los conocimientos de la asignatura Física Computacional también pueden resultar muy útiles.

Profesor/a coordinador/a:	Francisco J. Cao García	Dpto.	EMFTEL
	Despacho: 03.260.0	e-mail:	francao@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	Aula Informática 15 (Aula informática 1, en casos puntuales)	X, V	10:30-12:00	Francisco J. Cao García	Todo el cuatrimestre	33	T/P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	15	Octubre a diciembre 2024 (V 10:30- 12:00)	Francisco Javier Cao García	12	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco J. Cao García	M y J: 11:00-12:30 Contactar por correo	francao@fis.ucm.es	03.260.0

Programa de la asignatura

TEORÍA
1. Introducción a los fenómenos de transporte
● Fundamentos. Ecuación general de conservación y transporte. Niveles de descripción de los fenómenos de transporte: fenomenológico, cinético y microscópico.
● Termodinámica del equilibrio y del no equilibrio. Procesos irreversibles. Leyes fenomenológicas (Newton, Fick, Fourier, Ohm) y coeficiente de transporte (coeficiente de viscosidad, difusión, conductividad térmica y eléctrica). Transporte a través de membranas. Osmosis directa e inversa.
● Aplicaciones biológicas: Transporte activo y pasivo. Motores moleculares. Potencial de membrana. Transmisión del impulso nervioso.
2. Transporte en fluidos:
● Caracterización del transporte en fluidos: descripción del fluido y su movimiento, propiedades de los fluidos, y clasificación de flujos. Volumen y superficie de control. Aplicación de las ecuaciones generales de transporte a los fluidos. Metodologías de análisis del transporte en fluidos. Volumen y superficie de control. Teorema del Transporte de Reynolds. Formulación de las ecuaciones de mecánica de fluidos. Formulación integral y diferencial. Aplicaciones a casos prácticos
3. Teoría cinética:
● Gas ideal. Distribución de Maxwell-Boltzmann. Recorrido libre medio. Coeficientes de transporte.Teoría cinética. Ecuación de Liouville. Ecuación de Boltzmann.
● Movimiento browniano. Ecuación de Langevin. Subdifusión y superdifusión. Funciones de correlación y coeficientes de transporte. Ecuación de Fokker-Planck. Aplicaciones.
● Procesos de transporte de carga: Conductores de 1ª especie (ecuación de Boltzmann). Interfase electrizada: transporte a través de la interfase. Potencial de interfase. Conductores de 2ª especie (ecuación de Butler-Volmer). Aplicaciones de las ecuaciones de transporte de carga a sistemas físicos: unión p-n, contacto metal-semiconductor, emisión de electrones, otras aplicaciones
4. Dinámica no lineal:
● Puntos fijos y ciclos límites. Estabilidad y bifurcaciones. Caos. Ecuaciones de Lorenz. Predictibilidad. Mapas unidimensionales, fractales y atractores extraños.
5. Dinámica con ruido:
● Fluctuaciones. Sistemas extendidos (caos extendido, formación de patrones…). Materia activa.
6. Transporte en redes:
● Redes complejas. Topología, dinámica y sincronización. Aprendizaje automático. Redes neuronales.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO
• Movimiento browniano.
• Aprendizaje automático: Modelos Ocultos de Markov.

Bibliografía

Básica
● R. S. Brodkey y H. C. Hershey, Transport phenomena: an unified approach, Mc Graw-Hill International
(1988) o Brodkey Publishing (2003)

● Fenómenos de transporte. B.R. Bird y W.E. Steward. Lightfoot and Lightfoot, Erwin N.. Ed. Reverté. 2005
● J. Bertrán y J. Núñez (coords.), Química Física II, Ariel Ciencia (2002)
● D. McQuarrie. Statistical Mechanics. Harper Collins, New York, (1976)
Aplicaciones biológicas
● Jackson, M.B. Molecular and cellular biophysics. Cambridge University Press, Cambridge (2006).
● Phillips, R., et al., Physical Biology of the Cell (2nd ed.). Garland Science (2013).
● Gotelli, N. J. A primer of ecology (3rd ed.). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates (2001).
Dinámica no lineal
● S. Strogatz. Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering. Westview Press, (2000)
Dinámica con ruido
● Gardiner, C. Stochastic Methods: A Handbook for the Natural and Social Sciences. 4th Edition, Springer, New York (2009).
Redes complejas
● Wang, X. F. Complex networks: Topology, dynamics and synchronization. International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering, 12(5), 885–916. (2002). https://doi.org/10.1142/S0218127402004802

Recursos en Internet

Existen abundantes recursos en internet sobre los contenidos de la asignatura.

En el campus virtual incluiremos resúmenes, ejercicios, artículos y enlaces recomendados.

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos, aplicaciones y ejercicios (incluyen programación) (2 horas semanales en media)
- Prácticas de laboratorio (incluyen programación) (1 hora semanal en media)

En las lecciones de teoría se utilizará la pizarra o proyecciones con ordenador.

Para las lecciones teóricas se facilitarán lecturas recomendadas a realizar por el alumno previamente a ver el tema en clase, y enunciados de ejercicios a realizar por el alumno. Las lecturas previas recomendadas para las lecciones teóricas y los enunciados de los ejercicios se facilitarán a los alumnos con antelación suficiente en el Campus Virtual.

Los ejercicios de clase y las prácticas de laboratorio incluyen tareas de programación por lo que es recomendable poseer un buen nivel de programación en Python. Los conocimientos de la asignatura Física Computacional también pueden resultar útiles.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	60%

Se harán dos exámenes escritos en clase: Ec1, Ec2.

La nota de exámenes de clase será Ec = 0.5*Ec1+0.5*Ec2 Luego habrá un examen final Ex (opcional para quienes hayan aprobado Ec) La nota final de exámenes será Ef = max(Ec,Ex)		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Actividades de clase voluntarias Ac Prácticas de laboratorio obligatorias Po Se promedian con pesos PA = (0.3*Po + 0.1*Ac) / 0.4 La nota final de prácticas es P = max(Po, PA)		
Calificación final		
Si Ef < 5.0 (sobre 10) la calificación final es Cf = Ef. Si Ef >= 5.0 (sobre 10) la calificación final es Cf = 0.6*Ef + 0.4*P, donde solo computa P si P >= 4 (sobre 10). Si P =< 4, entonces P computa 0 y Cf = 0.6*Ef.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Electrónica Analógica y Digital		Código	800548	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	45	26	13	6

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
• Comprender el funcionamiento de los circuitos electrónicos lineales, no lineales y digitales. • Conocer las distintas formas de especificación e implementación de sistemas digitales.
Breve descripción de contenidos
Electrónica lineal, no lineal y digital, sistemas digitales.
Conocimientos previos necesarios
Análisis básico de circuitos (ley de Ohm y leyes de Kirchoff). Es recomendable haber cursado previamente la asignatura de Instrumentación Electrónica.

Profesor/a Coordinador/a	Javier Olea Ariza		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	03.207.0	e-mail	oleaariz@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2022/23							
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	T/P	horas	Dpto.
A	12	L X	12:00-13:30 14:30-16:00	Javier Olea Ariza	T/P	39	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Lab. Electrónica (109, Sótano)	20/10/2025 03/11/2025 17/11/2025 1/12/2025	Javier Olea Ariza	6	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Javier Olea Ariza	L,X: 10:00 –11:00	oleaariz@ucm.es	03.207.0

Programa de la asignatura

Tema 0: La electrónica en la física moderna

La circuitería de lectura de un pixel, la información en un ordenador cuántico, medida de la temperatura en superconductores, estructura de una memoria RAM, electrónica en el LHC.

Tema 1: Dispositivos. Ecuaciones características

Diodo, transistores bipolar (BJT) y MOSFET. Modelo Pspice, curvas características, regiones de operación.

Tema 2: Amplificadores

Circuitos equivalentes de los amplificadores.
Realimentación.
Análisis en el dominio de la frecuencia.

Tema 3: Etapas de amplificación

Función amplificadora del BJT y el MOSFET.
Polarización.
Modelo equivalente de pequeña señal.
Amplificadores de una etapa.
Respuesta en frecuencia.
Conexión de etapas amplificadoras en cascada.
Par diferencial.
Espejos de corriente y aplicación como cargas activas.

Tema 4: Amplificador operacional y aplicaciones

Amplificador operacional ideal.
Desviaciones de la idealidad.
Osciladores sinusoidales.
Filtros.
Comparadores y osciladores de relajación.

Tema 5: Funciones lógicas y circuitos combinacionales

Representación de la información en electrónica digital.
Álgebra Booleana.
Simplificación de funciones lógicas.
Estructuras combinacionales de dos niveles.
Módulos funcionales combinacionales.

Tema 6: Sistemas secuenciales

Concepto de sistema secuencial.
Latches, *flip-flops* y registros.
Tablas y diagramas de estados (modelos de Moore y Mealy).
Implementación de sistemas secuenciales síncronos.
Estructura general de un computador.

Tema 7: Circuitos digitales MOS

Inversores. Parámetros estáticos y dinámicos.
Circuitos combinacionales MOS.
Lógica de transistores de paso.
Implementación de *latches y flip-flops*.

Prácticas:
Práctica 1: Rectificación.
Práctica 2: Configuración inversora del amplificador operacional.
Práctica 3: Osciladores.
Práctica 4: Montaje y observación de un sistema secuencial.

Bibliografía

Básica

- The analysis and design of linear circuits (terceira edición). Roland E. Thomas y Albert J. Rosa (2001).
- Circuitos Microelectrónicos. A. S. Sedra, K. C. Smith. McGraw-Hill (2006).
- Electrónica. A. R. Hambley. Prentice Hall (2010).
- Circuitos Digitales y Microprocesadores. Herbert Taub. McGraw-Hill. (1995).
- Principios de Diseño Digital. Daniel D. Gajski. Prentice Hall. (1997).

Complementaria

- Análisis y diseño de circuitos integrados analógicos. P. Gray, R. G. Meyer. Prentice Hall Hispanoamericana (1995).
- CMOS Digital Integrated Circuits. S. M. Kang, Y. Leblebici. McGraw-Hill (2003).

Recursos en internet

Utilización del campus virtual

Metodología

Clases de teoría. Clases prácticas con ejemplos de aplicación. Realización de prácticas de laboratorio (4 sesiones de 1,5 horas en horario de clase, en grupos de dos alumnos). Propuesta de relaciones de problemas para entregar. Propuesta de ejercicios de simulación con PSpice.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	60 %

Examen final de cuestiones y problemas. En caso de ser necesario se facilitará un formulario (6 puntos).

Otras actividades	Peso:	40 %

- Realización de prácticas de laboratorio 15% (1,5 puntos).
- Realización de ejercicios que involucren simulación con PSpice, entrega de relaciones de problemas propuestos 25% (2,5 puntos).

Calificación final

La calificación final será la suma de las calificaciones del examen, las prácticas de laboratorio, las relaciones de problemas entregadas y los ejercicios de simulación con PSpice.

Se requerirá una calificación mínima del 40% con respecto al máximo en el examen (N_{examen}), en las prácticas de laboratorio (Lab) y en los ejercicios de simulación con PSpice (P_{Spice}) para computar cada nota en la siguiente fórmula:

$C_{final} = 0.6\ N_{examen} + 0.15\ P_{Spice} + 0.25$ Lab, donde C_{final} es la calificación final

La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Propiedades Físicas de los Materiales		Código	800550	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de Materiales	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.75	2.25	
Horas presenciales	45	28	7	10

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Profundizar en los aspectos más relevantes de las propiedades físicas de los materiales.
Breve descripción de contenidos
Propiedades eléctricas, ópticas, mecánicas y magnéticas de los materiales. Excitaciones elementales.
Conocimientos previos necesarios
Física del Estado Sólido

Profesor/a coordinador/a	Francisco Domínguez-Adame Acosta		Dpto.	FM
	Despacho	02.123.0	e-mail	adame@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	12	X V	12:00-13:30 9:00-10:30	Francisco Domínguez-Adame Acosta	Todo el semestre	35	T/P	FM

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Aula 12	5 de noviembre, de 12:00 a 14:00.	Gabriel Sánchez Santolino	10	FM
	Laboratorio de estado sólido	11, 18 y 25 de noviembre y 2 de diciembre de 15:00-17:00h			
L2	Aula 12	5 de noviembre, de 12:00 a 14:00.	Gabriel Sánchez Santolino	10	FM
	Laboratorio de estado sólido	12, 19 y 26 de noviembre y 3 de diciembre de 12:00-14:00 h.			

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco Domínguez-Adame Acosta	M, J.:09:00-10:30 +3h por correo y CV	adame@fis.ucm.es	02.123.0

Programa de la asignatura

- Bandas de energía y superficies de Fermi. Métodos de cálculo de estructuras de bandas. Determinación experimental de la estructura de bandas.
- Metales y aislantes. Fenómenos de conducción eléctrica y transiciones ópticas.
- Excitaciones elementales en sólidos: Fonones, plasmones, excitones.
- Magnetismo en sólidos: Orden magnético espontáneo. Magnones.
- Superconductividad.
- Defectos en materiales y su influencia en las propiedades físicas. Elasticidad.

Bibliografía

• N. W. Ashcroft y N. D. Mermin, Solid State Physics (Saunders College Publishing, 1976).

• H. Ibach y H. Lüth , Solid State Physics (Springer, 2009).

• J. Singleton, Band Theory and Electronic Properties of Solids (Oxford University Press, 2006).

• E. Kaxiras, Atomic and Electronic Structure of Solids (Cambridge University Press, 2007).

• R. J. D. Tilley, Defects in Solids (John Wiley & Sons, 2008).

• F. Domínguez-Adame, Física del Estado Sólido: Teoría y Métodos Numéricos (Paraninfo, 2001).

Recursos en internet

Metodología

Clases teóricas generales y ejemplos y ejercicios prácticos.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Se realizará un examen final que se calificará con nota de 0 a 10.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Los alumnos deberán realizar 4 prácticas de laboratorio, que serán calificadas por el profesor encargado de las mismas. Se impartirán 10 horas de laboratorio. **Prácticas de Laboratorio:** 1. Ensayos de tensión-deformación 2. Magnetorresistencia anisótropa y defectos en materiales magnéticos 3. Termogenerador semiconductor 4. Estudio óptico de puntos cuánticos Además de las prácticas de laboratorio se propondrá una serie de actividades que serán evaluadas entre 1 y 10. Esta calificación se guardará hasta el examen final extraordinario de junio-julio.		
Calificación final		
Si E es la nota final del examen y A la nota final de otras actividades, la calificación final CF se obtendrá como CF = 0.4*A + 0.6*E. La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá con el mismo criterio.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Métodos Experimentales en Física del Estado Sólido		Código	800553	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de Materiales	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.75	2.25	
Horas presenciales	45	28	7	10

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Adquirir la base necesaria para analizar críticamente los nuevos avances en Física de Materiales.
Breve descripción de contenidos
Principales técnicas experimentales en Física del Estado Sólido.Técnicas de difracción, espectroscopía, microscopía, determinación de propiedades electrónicas, magnéticas y otras técnicas experimentales básicas en el estudio de las propiedades de los sólidos.
Conocimientos previos necesarios
Física del Estado Sólido.

Profesor/a coordinador/a	Rocío Ranchal Sánchez	Dpto.	FM
	Despacho: 02.118.B	e-mail: rociran@ucm.es	

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	12	L V	10:30 - 12:00 12:00 - 13:30	Rocío Ranchal Sánchez	35	FM

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Laboratorio 8 (2ª planta, módulo central)	Viernes 7, 21 y 28 de noviembre y 5 de diciembre de 11:00 a 13:30	Rocío Ranchal Sánchez	10	FM
L2	Laboratorio 8 (2ª planta, módulo central)	Miércoles 12, 19 y 26 de noviembre y 3 de diciembre de 15:00 a 17:30	Rocío Ranchal Sánchez	10	FM

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Rocío Ranchal Sánchez	L, M: 15.00-16:30 +3h On line	rociran@ucm.es	02.118.B

Programa de la asignatura

1. Introducción y estrategias generales.
2. Técnicas de vacío.
3. Crecimiento de materiales: técnicas físicas, químicas y de procesado
4. Técnicas de difracción: rayos X, electrones y neutrones.
5. Microscopía electrónica y microscopías de campo cercano.
6. Caracterización magnética y de transporte.
7. Espectroscopías ópticas
8. Introducción al estudio de superficies.

Bibliografía

- Characterisation Methods in Solid State and Materials Science. Kelly Morrison. IOP Publishing (2019).
- Springer Handbook of Materials Measurement Methods. Horst Czichos, Tetsuya Saito, Leslie Smith, Springer (2006).
- Electron Microscopy and Analysis. Peter J. Goodhew, J. Humphreys, R. Beanland. Taylor&Francis (2001).
- Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. Safa Kasap, Peter Capper, Springer (2017).

Recursos en internet

Campus virtual de la asignatura.

Metodología

o Clases de teoría en las que se explicarán los conceptos fundamentales.

o Se realizarán ejercicios prácticos y ejemplos durante dichas clases.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Examen sobre el temario de la asignatura en las fechas programadas.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
o Prácticas de laboratorio: 20%. Se realizarán 4 sesiones prácticas: - Difracción de electrones - Ondas elásticas en sólidos		

- Propiedades ópticas de sólidos
- LEDs y fotorrespuesta

o Evaluación continua que consistirá en actividades realizadas en clase: 20 %

Calificación final

La calificación final será la más alta entre estas dos opciones:

– $C_{final} = 0,6 Examen + 0,2 E_{Continua} + 0,2 Laboratorio$

– $C_{final} = 0,6 Examen + 0,4 Laboratorio$

$Para\ aprobar\ es\ necesario\ que\ Examen \geq 4 \quad y \quad C_{final} \geq 5$

Tanto la calificación del laboratorio como de la evaluación continua se guardarán para la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Fundamentos de Meteorología		Código	800555	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de la Atmósfera y de la Tierra	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4.2	1.8
Horas presenciales	45	31	14

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Reconocer los fenómenos termodinámicos y el papel determinante del vapor del agua en la atmósfera.
- Ser capaz de caracterizar la estabilidad atmosférica.

Breve descripción de contenidos

Principios termodinámicos aplicados al aire no saturado y saturado. Condensación del vapor de agua en la atmósfera. Procesos atmosféricos que producen condensación en la atmósfera. Estabilidad atmosférica.

Conocimientos previos necesarios

Conocer las leyes básicas que gobiernan los procesos termodinámicos de la atmósfera.

Profesor/a coordinador/a	Pablo Zurita Gotor		Dpto.	FTA
	Despacho	04.103.0	e-mail	pzurita@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	12	M,J	10:30-12:00	Pablo Zurita Gotor	Todo el semestre	40,5	T/P	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	15	2/10/2025	Pablo Zurita Gotor	1,5	FTA
L2	A1	2/10/2025	Lucía Montoya Carramolino	1,5	
L1	A3	30/10/2025	Pablo Zurita Gotor	1,5	
L2	A2	30/10/2025	Lucía Montoya Carramolino	1,5	
L1	15	11/12/2025	Pablo Zurita Gotor	1,5	
L2	A1	11/12/2025	Lucía Montoya Carramolino	1,5	

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Pablo Zurita Gotor	J: 15.00h-16.30h V: 09.00h-10.30h Resto on-line	pzurita@ucm.es	04.113.0

Programa de la asignatura

1. Introducción: la atmósfera como máquina térmica. Formas e intercambios de energía en la atmósfera. Balance global de entropía. Escalas del movimiento. Concepto de análisis de escala.

2. La convección en los trópicos. Repaso de termodinámica húmeda. Análisis de sondeos, flotación y estabilidad. Desarrollo de nubes y precipitación. La oscilación de Madden-Julian.

3. Ciclones extratropicales y frentes. Fuerzas externas, internas e inerciales. Equilibrio geostrófico: ciclones y anticiclones. Viento térmico y chorro extratropical. Perturbaciones del chorro: vaguadas y dorsales. Ciclones de núcleo frío, embolsamientos y DANAS. Estructura de un ciclón extratropical. Precursores y desarrollo. Tipología y formación de frentes.

4. Ciclones tropicales, huracanes y tifones. Principales diferencias con los ciclones extratropicales. Condiciones favorables y distribución geográfica. Ciclos de vida. Viento del gradiente y momento angular. Análisis termodinámico. Escala de intensidad.

5. Tormentas severas y tornados. Organización de la convección y tipos de tormentas. Inhibición convectiva e inestabilidad condicional. Energía potencial convectiva disponible (CAPE). Papel de la cizalla ambiental. Formación de tornados.

6. La circulación planetaria. Patrón global de vientos. Balance de momento y energía: el papel de la atmósfera. Transporte medio y transporte Eddy. Variabilidad de la circulación.

7. Microescala. Turbulencia y disipación. Importancia de la superficie y concepto de capa límite. Capa límite estable e inestable. Estructura y evolución de la capa límite. Isla de calor urbana.

Prácticas de laboratorio:
1 Viento geostrófico
2 Estructura de un ciclón tropical
3 Patrón global de vientos

Bibliografía

Stull, 2017. Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science. U British Columbia. https://www.eoas.ubc.ca/books/Practical_Meteorology/

J.M. Wallace y P.V. Hobbs (1977, 1st Edn ; 2006, 2nd Edn). Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press. Elsevier

Recursos en internet

Campus virtual

Taller virtual de meteorología y clima: http://meteolab.fis.ucm.es/

Metodología

En esta asignatura se explican los mecanismos dinámicos y termodinámicos que operan en la atmósfera en distintas escalas, ilustrados a partir de fenómenos meteorológicos de relevancia.

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos, que se ilustrarán usando ejemplos reales de fenómenos meteorológicos.

Clases prácticas de problemas, enfocadas a asentar los conceptos estudiados.

Tres sesiones prácticas en el aula de informática. Los alumnos entregarán para su evaluación las correspondientes memorias de las prácticas.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	60%

Se realizará un examen final, cuya calificación se valorará sobre 10.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%

De forma regular a lo largo del curso, se evaluará el progreso de los alumnos mediante cuestionarios de tipo test. Esta evaluación podría complementarse con la entrega de problemas o tareas de tipo práctico. La entrega de los informes de las prácticas es requisito imprescindible para la superación de la asignatura en cualquier convocatoria y la calidad de la memoria será tenida en cuenta en la calificación final. Se podrá realizar también un test sobre el contenido de las prácticas para evaluar el grado de participación y comprensión del alumno.

Calificación final

La calificación final se obtendrá como el valor más favorable entre la calificación del examen final (NExam) y la siguiente media ponderada:

$$CFinal = 0.60 \cdot NExam + 0.40 \cdot NOA$$

donde NOA es la correspondiente a Otras Actividades. En cualquier caso, la superación de la asignatura requiere que la calificación del examen final sea superior a 4.0.

La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio/julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2025-26)

Geomagnetismo y Gravimetría		Código	800557	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de la Atmósfera y de la Tierra	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.2	1.8	
Horas presenciales	45	31	11	3

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Conocer los campos gravitatorio y magnético de la Tierra y su influencia en todas las observaciones y fenómenos físicos.
Breve descripción de contenidos
Campo magnético interno y externo, gravimetría. Descripción matemática. Forma de la Tierra. Variaciones del campo magnético terrestre. Origen del campo magnético terrestre. Aplicaciones.
Conocimientos previos necesarios
Conocimientos básicos impartidos en el Grado en *Física* sobre electricidad y magnetismo, mecánica y ecuaciones diferenciales.

Profesor/a coordinador/a	Francisco Javier Pavón Carrasco	Dpto.	FTA
	Despacho 04.106.0	e-mail	fjpavon@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	12	M,J	12.00-13.30	Francisco Javier Pavón Carrasco	42	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Al 2	30/10/2025 12.00 - 13.30h	Mario Serrano Sánchez-Bravo	3	FTA
	Al 15	25/11/2024 12.00 - 13.30h			
L2	Al 3	30/10/2025 12.00 - 13.30h	Martín Bengoechea Albalá	3	
	Al 1	25/11/2024 12.00 - 13.30h			

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco Javier Pavón Carrasco	1er sem: M, J: 10.30 - 12.00 + 3h online 2º sem: L, X: 11.00 - 12.30 + 3h online. + 3h online	fjpavon@ucm.es	04.106.0

Programa de la asignatura

1. Introducción.

Sistemas de coordenadas. La esfera celeste.

2. Fundamentos de la teoría del potencial.

Ecuación de Laplace. Desarrollo en armónicos esféricos del potencial de la gravedad y del potencial geomagnético. Problemas de contorno: teorema de Stokes y principio de Dirichlet.

3. Campo de la gravedad.

Elipsoide internacional. Potencial normal y gravedad teórica. Potencial anómalo. Ondulaciones del geoide. Ecuación fundamental de la Geodesia Física. Anomalías de la gravedad e isostáticas. Efecto indirecto de las reducciones de la gravedad. Altitudes geodésicas.

4. Satélites artificiales.

Perturbación de órbitas Keplerianas y parámetros orbitales. Determinación de los armónicos zonales. Altimetría por satélite. Sistemas de posicionamiento global.

5. Rotación de la Tierra.

Precesión y nutación del eje de rotación. Variaciones en los parámetros orbitales. Movimiento libre del polo.

6. Mareas terrestres.

Potencial elevador de las mareas. Geometría de las mareas. Mareas terrestres. Números de Love y Shida.

7. Campo geomagnético.

Campos constituyentes. Características del campo principal y su variación secular. Campo cortical. Modelos geomagnéticos de referencia basados en observaciones de satélites y observatorios geofísicos: familias IGRF, CHAOS y WDMAM.

8. Magnetización de la materia y aplicaciones del paleomagnetismo.

Superparamagnetismo y teoría de Néel. Procesos de adquisición de remanencia magnética natural. Aplicaciones del paleomagnetismo.

9. Pasado del campo geomagnético principal.

Campo geomagnético promediado. Curvas de Deriva Polar. Inversiones y excursiones geomagnéticas. Reconstrucciones del campo geomagnético basadas en paleomagnetismo.

10. Interacción Tierra-Sol.

Características de la ionosfera y magnetosfera. Teoría de Chapman. Viento solar. Cinturones de Van Allen. Meteorología espacial.

11. Origen del Campo magnético terrestre.

Introducción a la magnetohidrodinámica. Teorema del flujo congelado. Números adimensionales. Teoría de la geodinamo.

12. Planetología comparada.

Planetas terrestres. Planetas gigantes. Parámetros dinámicos. Estructura comparada. Dinamos planetarias.

Bibliografía

Básica
- C. Clauser. Introduction to Geophysics. Springer. 2024 (1ª Edición).
- Merril, R.T, M. McElhinny y P. McFadden. The Magnetic Field of the Earth, Academic Press, Boston. 1996,
- Parkinson, W.D. Introduction to Geomagnetism, Elsevier, Amsterdam. 1983,
- Torge, W. Gravimetry. Walter de Gruyter. Berlin, 1989.
- Udías, A. y J. Mezcua. Fundamentos de Geofísica. Alianza Universidad Textos. 1997

Complementaria
- Buforn,E., Pro, C. y A. Udías. Problemas resueltos de Geofísica. Pearson Educación, S.A. 2010.
- Campbell, W.H., Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge University Press, Cambridge. 1997
- Heiskanen, W. y Moritz, H. Geodesia Física. Instituto Geográfico Nacional. 1985.
- Jacobs, J.A. (Editor), Geomagnetism, Academic Press, Londres. 1991
- Ratcliffe, J.A. An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge University Press, 1972.

Recursos en internet

Campus Virtual de la UCM.
- https://vires.services. VirES: Earth's magnetic field as observed by Swarm: data and models.
- https://arxiv.org/abs/1902.08098. Spatial And Temporal Changes Of The Geomagnetic Field: Insights From Forward And Inverse Core Field Models. Gillet, N. (2019). CNRS, ISTerre.
- https://www.asg.ed.tum.de/iapg/forschung/schwerefeld/goco/. GOCO: Modelo geopotencial Gravity Observation Combination
- http://icgem.gfz-potsdam.de/home. International Centre for Global Earth Models (ICGEM).

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos del campo geomagnético y de la gravedad de la Tierra.
- Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen adecuadamente.
- Prácticas: Se llevarán a cabo 2 prácticas en las que se analizarán supuestos prácticos.
  P1: Análisis del campo de gravedad y P2: Análisis del campo geomagnético.
  Ambas prácticas se realizarán en las aulas de informática.
- Seminarios: las lecciones se verán complementadas con el estudio de casos reales de actualidad o de referencia (discusión de artículos de referencia, aplicaciones, etc).

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

El examen consistirá en una serie de cuestiones teóricas y prácticas (de nivel similar a las resueltas en clase). La calificación obtenida será Nexamen.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

A lo largo del curso el alumno entregará de forma individual los problemas, actividades e informes de prácticas, así como cuestiones que le indique el profesor en las fechas que éste determine. Los informes de prácticas se podrán entregar solo si se ha asistido a las sesiones indicadas en el apartado

de Laboratorios.

Calificación final
La calificación final será la mejor de las dos opciones siguientes: CFinal = 0.7·Nexamen + 0.3·NOtrasActiv (es necesario que Nexamen ≥ 4). CFinal = Nexamen (es necesario que Nexamen ≥ 5). Donde NOtrasActiv es la calificación correspondiente a Otras Actividades y Nexamen la obtenida en la realización del examen (ambas evaluadas sobre 10). La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio/julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación (NOtrasActiv se conserva para dicha convocatoria).

Grado en Física (curso 2025-26)

Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica		Código	800544	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5
Horas presenciales	45	26	19

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Comprender en profundidad la Física y el funcionamiento de los dispositivos electrónicos tradicionales y conocer los conceptos básicos de las implicaciones del escalado hacia la nanoelectrónica.
Breve descripción de contenidos
Física de los dispositivos electrónicos fundamentales, conceptos básicos de tecnología microelectrónica, introducción a la nanotecnología.
Conocimientos previos necesarios
Conocimientos básicos de Física del Estado Sólido y contenidos de la asignatura *"Electrónica Física"*

Profesor/a coordinador/a	David Pastor Pastor	Dpto.	EMFTEL
	Despacho 03.207.0	e-mail	dpastor@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	5	L, X	9:00-10:30	David Pastor Pastor	Todo el cuatrimestre	45	T/P	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	David Pastor Pastor	L, X: 10:30-12:00	dpastor@ucm.es	03.207.0

Programa de la asignatura

Tema 1: La unión PN real

0. Revisión de la unión PN ideal
1. Corrientes de Generación y Recombinación en la ZCE
2. Corrientes de alta inyección
3. Procesos de ruptura
4. Modelo PSPICE del diodo
5. Dispositivos basados en la unión PN: Célula Solar y Diodo Emisor de Luz

Tema 2:Transistor Bipolar de Unión I: Modelos y Tecnología

1. Estructura y principio de operación
2. Corrientes y parámetros característicos
3. Modelos del Transistor
4. Procesos básicos en Tecnología Microelectrónica
5. Fabricación de Transistores Bipolares

Tema 3: Transistor Bipolar de unión II: Circuitos equivalentes

1. Características del transistor
2. Polarización del transistor
3. Modelos de pequeña señal del transistor

Tema 4: El transistor MOSFET

1. Introducción
2. La unión Metal/Semiconductor
3. La estructura MOS
4. El transistor MOSFET
5. Dispositivos MOS
6. Tecnología MOS
7. Previsiones de futuro de la tecnología MOS: de las tecnologías submicrónicas a las nanométricas

Bibliografía

1.- Greve, D.W., “Field Effect Devices and Applications”, Prentice Hall 1998.

2.- Kwok, K., “Complete Guide to Semiconductor Devices”, J. Wiley 2002.

3.- Pulfrey David L., “Understanding Modern Transistors and Diodes”, Cambridge University Press, 2010

4.- Neamen, D.A., “Semiconductor Physics and Devices”, Irwin 1997.

5.- Neudeck, G.W., “El transistor Bipolar de Unión”, Addison-Wesley 1994.

6.- Pierret, R.F., “Dispositivos de Efecto Campo”, Addison-Wesley 1994.

7.- Singh, J., “Semiconductor Devices”, McGraw-Hill 1994.

8.- Sze, S.M., “Physics of Semiconductor Devices”, J. Wiley 2007.

9.- Sze, S.M., “Semiconductor Devices, Physics and Technology”, J. Wiley 2002.

10.- Tyagi, M.S., “Introduction to Semiconductor Materials and Devices”, J. Wiley 1991.

Recursos en internet
En el Campus Virtual de la UCM

Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: ● Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones. ● Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas. En las lecciones de teoría se utilizará la pizarra y proyecciones con ordenador y transparencias. Ocasionalmente, estas lecciones se verán complementadas con simulaciones por ordenador y prácticas virtuales, que serán proyectadas en el aula. Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en la clase. Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entregas de ejercicios tales como problemas resueltos y trabajos específicos.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10. El examen final oficial tendrá cuestiones teórico-prácticas y problemas de nivel similar a los resueltos en clase.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Para la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entregas a lo largo del curso de ejercicios tales como problemas resueltos y/o trabajos específicos de carácter individual o en grupo. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.		
Calificación final		
Calificación final: $$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$ Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Dispositivos de Instrumentación Óptica		Código	800546	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	45	27	9	9

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Conocer las principales características de los dispositivos de instrumentación óptica.
Breve descripción de contenidos
Dispositivos ópticos.
Conocimientos previos necesarios
Son necesarios conocimientos previos de Óptica y del Laboratorio de Física III (manejo de aparatos e instrumentación).

Profesor/a coordinador/a:	Javier Vargas Balbuena		Dpto.	Óptica
	Despacho	01.319.0	e-mail	jvargas@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	5	M,J	10:30 – 12:00	Javier Vargas Balbuena	1ª parte	18	T/P	OPT
				Julio Serna Galán	2ª parte	18	T/P	OPT

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
A	Lab Óptica	14, 16, 21, 23, 28 y 30 de abril de 2026 10:30-12:00	Julio Serna Galán	9	OPT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Javier Vargas Balbuena	L: 10:30-13:30 online M: 14:00-17:00 presencia	jvargas@fis.ucm.es	01.319.0
	Julio Serna Galán	L,X,J: 15:00-17:00	azul@ucm.es	01.313.0

Programa de la asignatura

1. Introducción
2. Radiometría y fotometría
3. Calidad de imagen y resolución
4. Dispositivos refractivos y reflectivos. Otros dispositivos
5. Introducción a la metrología óptica

Bibliografía

- F.L. Pedrotti, L.M. Pedrotti, L.S. Pedrotti. Introduction to Optics (Pearson International Edition, 2006).
- M.S. Millán, J. Escofet, E. Pérez, Óptica geométrica (Ariel Ciencia, 2003).
- J.E. Grivenkamp (Ed.), Field Guidel to Geometrical Optics (SPIE, 2004).
- Jesús Marcén, Instrumentos ópticos. E. U. de Óptica (Madrid, 1998).
- G. Smith, D. A. Atchinson, The eye and visual instruments. Cambridge University Press, 1997.
- Gary L Cloud. Optical methods of engineering analysis. Cambridge University Press, 1998.
- Gonzalo Pajares, Jesus M. de la Cruz, Vision por computador. imagenes digitales y aplicaciones. Editorial Ra-Ma (Madrid, 2001).

Se complementarán con las fotocopias de las transparencias utilizadas en las clases.

Recursos en internet

El material de teoría y problemas resueltos está disponible en el CV.

Metodología

El curso está dividido en dos partes. En la primera parte se impartirá el temario especificado en el programa de la asignatura. En la segunda parte se asignarán una serie de proyectos para su realización en grupos. Al comenzar esta fase los alumnos harán una presentación pública con los objetivos a alcanzar en el proyecto asignado. Los proyectos se desarrollarán en el horario de la asignatura en el Laboratorio de Óptica. Al finalizar el periodo de laborat. cada grupo hará una presentación del trabajo realizado y de los resultados alcanzados.

Ajustaremos el formato de asignatura a las necesidades e intereses del grupo, por lo cual esta ficha se debe contemplar como una hoja de ruta que se podrá alterar según el progreso de la asignatura. Cualquier cambio será anunciado previamente con tiempo suficiente tanto en el Campus Virtual como por correo electrónico.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	50%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10. Se realizará un examen final sobre los contenidos de teoría. El examen será sin libros ni apuntes.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%
Pruebas parciales escritas sobre la parte de teoría: N_{Prue} comprendida entre 0 y 10. Proyectos de laboratorio (incluidas presentaciones): N_{Labo} comprendida entre 0 y 10. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv} = 0.4\ N_{Prue} + 0.6\ N_{Labo}$		
Calificación final		
Calificación final: $$C_{Final} = 0.5N_{Exam} + 0.5N_{OtrasActiv}$$ Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Energía y Medio Ambiente		Código	800549	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Prácт./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	45	26	5.5	13.5

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Conocer y caracterizar los distintos procesos energéticos desde un punto de vista físico, estableciendo las ecuaciones de balance energético y los mecanismos y parámetros de control en los diferentes procesos.
Breve descripción de contenidos
La estructura de la asignatura se basa en el desarrollo de los siguientes contenidos: ● Estudio de los recursos energéticos y tipos de energía presentes en los diferentes sistemas que se utilizan en los distintos sectores de la sociedad ● Análisis prospectivo de la evolución en el uso de la energía y sus implicaciones sobre el Medio Ambiente ● Evaluación comparativa del potencial energético de las distintas fuentes de energía ● Fundamentos físicos de los diferentes procesos energéticos
Conocimientos previos necesarios

Profesor/a coordinador/a	Loreto García Fernández		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	1.108.0	e-mail	loreto.garcia@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	5	L V	10:30-12:00 12:00-13:30	Loreto García Fernández	19/01/2026-23/03/2026	25.5	T/P	EMFTEL
				José Antonio Briz Monago	10/04/2026-20/04/2026	6		

Tutorías					
Grupo	**Profesor**	**horarios**		**e-mail**	**Lugar**
A	Loreto García Fernández	1er. semestre M y X: 12:30-14:00 3h online	2º sem. L: 12:30-14:00 J: 10:00-11:30 3h online	loreto.garcia@ucm.es	01.108.0
	José Antonio Briz Monago	L,X y J: 14:00-16:00		josebriz@ucm.es	03.261.0

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	**Lugar**	**Horario**	**Sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	4ª planta, módulo central sur, acceso a azotea	13:30-15:00	27/02/26	Jorge Contreras Martínez	1.5	EMFTEL
	Lab. de Electrónica (109), planta sótano módulo este	13:30-15:00	06/03/26	Sergio Díaz de Luz	1.5	EMFTEL
	Aula 1 de informática	09:00-10:30	06/02/26 20/02/26	Jorge Contreras Martínez	3	EMFTEL
	Aula 2 de informática	13:30-15:00	13/03/26	Sergio Díaz de Luz	1.5	
	Lab. Física Térmica, 3ª planta, módulo central norte	09:00-10:30	27/02/26 10/04/26	Loreto García Fernández	1.5	EMFTEL
				Sergio Díaz de Luz	1.5	
	Lab. de Física Atómica, Nuclear y de Partículas, 3ª pl. Mód. Central Norte	13:30-15:00	06/02/26 13/02/26	Alejandro Ariza Carrasco	3	EMFTEL
L2	4ª planta, módulo central sur, acceso a azotea	13:30-15:00	10/04/26	Jorge Contreras Martínez	1.5	EMFTEL
	Lab. de Electrónica (109), planta sótano módulo este	13:30-15:00	20/02/26	Sergio Díaz de Luz	1.5	EMFTEL
	Aula 1 de informática	13:30-15:00 09:00-10:30	06/02/26 27/02/26	Jorge Contreras Martínez	3	EMFTEL
	Aula 1 de informática	13:30-15:00	27/02/26	Sergio Díaz de Luz	1.5	
	Lab. Física Térmica, 3ª planta, módulo central norte	09:00-10:30	13/02/26 13/03/26	Loreto García Fernández	1.5	EMFTEL
				Sergio Díaz de Luz	1.5	
	Lab. de Física Atómica, Nuclear y de Partículas, 3ª pl. Mód. Central Norte	13:30-15:00	06/03/26 13/03/26	Alejandro Ariza Carrasco	3	EMFTEL
L3	4ª planta, módulo central sur, acceso a azotea	13:30-15:00	13/03/26	Jorge Contreras Martínez	1.5	EMFTEL
	Lab. de Electrónica (109), planta sótano módulo este	13:30-15:00	06/02/26	Sergio Díaz de Luz	1.5	EMFTEL
	Aula 1 de informática	09:00-10:30	13/02/26 06/03/26	Jorge Contreras Martínez	3	EMFTEL
	Aula 1 de informática	13:30-15:00	17/04/26	Sergio Díaz de Luz	1.5	
	Lab. Física Térmica, 3ª planta, módulo central norte	09:00-10:30	20/02/26 20/03/26	Loreto García Fernández	1.5	EMFTEL
				Sergio Díaz de Luz	1.5	
	Lab. de Física Atómica, Nuclear y de Partículas, 3ª pl. Mód. Central Norte	13:30-15:00	20/03/26 10/04/26	Alejandro Ariza Carrasco	3	EMFTEL

Programa de la asignatura

Teoría

- Tema 1: Panorama energético global. Fuentes de energía convencionales y renovables. Consideraciones generales de uso y aprovechamiento energético.
- Tema 2: Fundamentos físicos y procesos energéticos de las principales fuentes de energía renovable.
- Tema 3: Energías: tipos y características. Energías renovables.
- Tema 4: Almacenamiento, conversión y eficiencia energética.
- Tema 5: Tecnologías energéticas
- Tema 6: Problemática energética, impacto ambiental y sostenibilidad
- Tema 7: Cambio climático y huella de carbono: mecanismos y formas de actuación
- Tema 8: Energía Nuclear: principios físicos, producción de energía y centrales nucleares

Prácticas

- Práctica 1: Evaluación energética del recurso solar
- Práctica 2: Evaluación energética del recurso eólico
- Práctica 3: Evaluación energética de combustibles fósiles
- Práctica 4: Propagación atmosférica de contaminantes
- Práctica 5: Evaluación de contaminantes ambientales y acciones de mejora
- Práctica 6: Estudio de la atenuación de radiación
- Práctica 7: Medidas de espectroscopía nuclear
- Práctica 8: Uso de dispositivos de almacenamiento: capacidad y autonomía
- Práctica 9: Medición de energía en celdas de combustible

Bibliografía

Básica

- Energy and the Environment: Scientific and Technological Principles (Mit-Pappalardo Series in Mechanical Engineering), James A. Fay and Daniel Golomb. Ed. Oxford University Press
- Renewable Energy Resources. John Twidell and Anthony D. Weir. Ed. Taylor & Francis
- Environmental Physics: Sustainable Energy and Climate Change. Egbert Boeker and Rienk van Grondelle. Ed. John Wiley and Sons, 3 rd ed.
- Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones, Y.A. Çengel, J.M. Cimbala, McGraw-Hill interamericana, 2006.
- Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones, Y.A. Çengel, A.J. Ghajar, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A., Cuarta Edición, 2011
- Energy Conversion, D.Y. Goswami, F. Kreith, Taylor & Francis Group, Second Edition, 2017
- Energy. Production, Conversion, Storage, Conservation and Coupling, Y. Derimel, Springer, Second Edition, 2016.
- Introductory Nuclear Physics, Krane, John Wiley & Sons
- An Introduction to Nuclear Physics, Cottingham & Greenwood, Cambridge

Complementaria

- Solar Engineering of Thermal Processes. John A. Duffie and William A. Beckman. Ed. John Wiley and Sons, 3 rd ed. 2006
- Environmental Engineering: Fundamentals, Sustainability, Design. James R. Mihelcic, Julie B. Zimmerman, Martin Auer, David J. Hand, Richard E. Honrath, Alex Mayer, Mark W. Milke, Kurt Paterson, Michael R. Penn, Judith Perlinger. Ed.
- Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy. Frank Kreith and D. Yogi Goswami.

Ed. CRC Press
- Fundamentals of Nuclear Reactor Physics, Lewis, Elsevier

Recursos en internet

Los recursos de la asignatura en internet serán:

- Campus Virtual con los contenidos de la asignatura: temas teóricos, problemas, prácticas y otros materiales tales como cuestionarios, proyectos, etc.
- Enlaces a sitios de interés, tales como referencias bibliográficas, proyectos relacionados con el mundo de la energía y el medio ambiente, artículos de investigación, centros, congresos, etc.

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos, aplicaciones y ejercicios. Se utilizará la pizarra y/o proyecciones con ordenador y se facilitarán lecturas recomendadas y enunciados de ejercicios a realizar por los alumnos previamente a través el Campus Virtual.
- LABORATORIO: Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico donde el alumno se familiarizará con el manejo de equipos e instrumental de laboratorio, así como de herramientas informáticas, con vistas a la resolución de dichos casos prácticos. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	50%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Se llevará a cabo un examen al final del cuatrimestre. Se considerará que se han adquirido las competencias teóricas de la asignatura si se obtiene $N_{Exam} \geq 4.0$ (sobre 10). En caso de no obtenerse esta calificación mínima, se calificará esta parte como $N_{Exam} = 0.0$.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%

Asimismo, se evaluará:

• Ps (40%): la elaboración de un trabajo en grupo en formato póster sobre temas relacionados con la energía y el medio ambiente. Se considerará la posibilidad de participar voluntariamente en la presentación del póster en una sesión pública en la facultad.

• Pr (60%): las prácticas de laboratorio

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv} = 0.4\ Ps + 0.6\ Pr$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Para demostrar la adquisición de las competencias prácticas de la asignatura será condición necesaria la asistencia a todas las sesiones de laboratorio, así como la obtención de una nota mínima en las actividades propuestas: si $Pr < 5$ ó $Ps < 5$, $N_{OtrasActiv} = 0$

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.5N_{Exam} + 0.5N_{OtrasActiv}$$

Si $N_{Exam} < 4$ se considerará como nota en actas $C_{Final} = 0.5N_{OtrasActiv}$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Nanomateriales		Código	800551	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de Materiales	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	3.75	2.25
Horas presenciales	45	28	17

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Conocer los métodos de preparación de nanomateriales y otros materiales avanzados, así como sus propiedades y aplicaciones.

Breve descripción de contenidos

Tipos de nanomateriales y síntesis. Efectos de superficie. Nanopartículas magnéticas. Confinamiento cuántico en partículas. Propiedades mecánicas de nanomateriales. Aplicaciones de los nanomateriales.

Conocimientos previos necesarios

Física del Estado Sólido.

Profesor/a coordinador/a	Leonor Chico Gómez		Dpto.	FM
	Despacho	02.122.0	e-mail	leochico@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	Dpto.
A	5	M J	12:00-13:30	Leonor Chico Gómez	20/01/26 al 05/03/26	22,5	FM
				Bianchi Méndez Martín	10/03/26 al 30/03/26	22,5	
	Gabinete de Física			Leonor Chico Gómez Bianchi Méndez Martín	5 y 7 de mayo de 2026	–	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Leonor Chico Gómez	X: 11.00 -13.00 J: 16.00-17.00 +3h On line	leochico@ucm.es	02.122.0
	Bianchi Méndez Martín	L, M. 10:30-13:30	bianchi@fis.ucm.es	02.125.0

Programa de la asignatura

1. Introducción. Luz y materia en la nanoescala. Electrones y ondas EM en nanoestructuras. Ecs. Maxwell y Helmholtz. Confinamiento cuántico de partículas y ondas en pozos de potencial. Túnel resonante.

2. Propiedades eléctricas de nanomateriales. Efectos de confinamiento cuántico. Cuantización de la conductividad eléctrica.

3. Nanomateriales basados en carbono. Fullerenos, nanotubos de carbono y grafeno.

4. Efectos de superficie. Energía superficial.

5. Propiedades ópticas de nanomateriales. Efectos de confinamiento cuántico. Interacción luz-nanomateriales: absorción y luminiscencia. Plasmones.

6. Nanopartículas magnéticas. Tamaño de partícula y comportamiento magnético. Superpara-magnetismo.

7. Síntesis y técnicas de caracterización de nanomateriales.

Bibliografía

- Nanomaterials, An Introduction to Synthesis, properties and Applications, Dieter Vollath, Wiley VCH, 2008
- Introduction to Nanoscience, G.L. Hornyak, I. Dutta, H.F. Tibbals and A. K. Rao, CRC press, 2008.
- Introduction to Nanophotonics, S. V. Gaponenko, Cambridge University Press, 2010.

Recursos en internet

Campus virtual, donde se usarán sus herramientas, incluirán los enlaces y otro material de interés para la asignatura.

Metodología

• Clases de teoría para explicar los conceptos fundamentales que incluirán ejemplos y aplicaciones. Para estas clases se usará fundamentalmente la proyección con ordenador. Los alumnos dispondrán del material utilizado en clase con suficiente antelación.

• Realización de trabajos tanto orales como escritos por parte de los alumnos de temas relacionados con el programa de la asignatura.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10. El examen consistirá en una serie de cuestiones (de nivel similar a las resueltas en clase).		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
EEn la evaluación se tendrán en cuenta los ejercicios realizados en clase y la participación en clases, seminarios y trabajos voluntarios. Como parte de la evaluación continua, los alumnos tendrán que hacer entrega de un trabajo. El trabajo incluirá una presentación oral preliminar del esquema del mismo y la presentación final en formato póster. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.		
Calificación final		
Calificación final: $$C_{Final} = 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv}$$ Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 5$ Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2025-26)

Física de Materiales Avanzados		Código	800552	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de Materiales	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	3.75	2.25
Horas presenciales	45	28	17

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Adquirir los conocimientos necesarios sobre los fundamentos físicos y posibilidades de las técnicas de caracterización y aplicaciones de materiales avanzados.
Breve descripción de contenidos
Introducción a los materiales avanzados. Materiales electrónicos. Materiales magnéticos. Materiales basados en carbono. Biomateriales.
Conocimientos previos necesarios
Conceptos básicos de Física de Materiales. Física del Estado Sólido.

Profesor/a coordinador/a:	Carlos Díaz-Guerra Viejo		Dpto.	FM
	Despacho	02.111.0	e-mail	cdiazgue@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	5	M,J	9:00-10:30	Javier Tornos Castillo	1ª parte	25	T/P	FM
				Carlos Díaz-Guerra Viejo	2ª parte	20	T/P	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Javier Tornos Castillo	X.12.00-13.30 J. 10.30-12.00 +3h On line	jtornosc@ucm.es	03.249.0
	Carlos Díaz-Guerra Viejo	L, M: 14:30-16:00 + 3 horas online	cdiagzgue@ucm.es	02.111.0

Programa de la asignatura

1. **Materiales electrónicos**. Ingeniería del band-gap. Cristales fotónicos. Materiales para la energía. Materiales orgánicos en electrónica.

2. **Materiales basados en carbono**: fullerenos, nanotubos de carbono, grafeno y materiales relacionados.

3. **Materiales estructurales**. Cerámicos, composites, aleaciones metálicas avanzadas.

4. **Materiales inteligentes**. Materiales piezoeléctricos y magnetostrictivos, materiales ferroeléctricos y materiales termoeléctricos magnetocalóricos, materiales termoeléctricos.

5. **Materiales para la espintrónica y el almacenamiento de información**. Materiales magnéticos, fenómenos de magnetotransporte.

6. **Biotecnología y biomateriales**. Funcionalización de materiales.

Bibliografía

- Advanced Materials. An Introduction to Modern Materials Science. Ajit Behera, Springer, 2021.

- Handbook of Spintronics. Yongbing Xu, David D. Awschalom, Junsaku Nitta (eds.), Springer, 2016.

- Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. Safa Kasap, Peter Capper, Springer, 2017.

- Magnetism and Magnetic Materials. J. M. D. Coey, Cambridge University Press, 2010.

- Smart Electronic Materials, Fundamentals and Applications, Jasprit Singh, Cambridge University Press, 2005.

- Advanced Materials Science and Engineering of Carbon. Michio Inagaki, Feiyu Kang, Masahiro Toyoda and Hidetaka Konno, Butterworth-Heinemann, 2014.

- Advanced Structural Materials: Properties, Design, Optimization and Applications. Winston O. Soboyejo, T.S. Srivatsan, CRC Press, 2006.

- Introduction to Biomaterials. Basic Theory with Engineering Applications. Agrawal C.M., Ong J.L., Appleford M.R., Mani G., Cambridge University Press, 2013.

Recursos en internet

Campus virtual, donde se incluirán los enlaces y otro material de interés para la asignatura.

Metodología
- Clases de teoría para explicar los conceptos fundamentales que incluirán ejemplos y aplicaciones prácticas. Para estas clases se usará la proyección con ordenador apoyadas por la consulta online de recursos en Internet. Los alumnos dispondrán del material utilizado en clase con suficiente antelación. - Realización de trabajos, individuales o en grupos, sobre temas relacionados con el programa de la asignatura.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10. El examen consistirá en una serie de cuestiones, problemas y casos prácticos adaptados al nivel de clase. No se permitirá el uso de libros, apuntes u otro material de inspiración.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
En la evaluación se tendrán en cuenta los ejercicios realizados en clase y la participación en clases, seminarios y trabajos voluntarios. La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.		

Calificación final
Calificación final: $$C_{Final} = 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv}$$ Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$ Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Bases Físicas del Cambio Climático		Código	800554	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de la Atmósfera y de la Tierra	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4.2	1.8
Horas presenciales	45	31	14

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Adquirir la base necesaria para analizar críticamente los avances en meteorología (en particular cambio climático).
Breve descripción de contenidos
Sistema climático. Balance radiativo del planeta. Forzamiento radiativo. Balance de energía en superficie. Variabilidad climática a distintas escalas. Cambios climáticos en la historia de la Tierra. Cambio climático natural y antropogénico. Episodios extremos climáticos pasados, presentes y futuros. Modelización del clima: predicciones estacionales a decadales, proyecciones.
Conocimientos previos necesarios
Conocer las leyes básicas que gobiernan los procesos dinámicos y termodinámicos de la atmósfera.

Profesor/a coordinador/a:	Teresa Losada Doval		Dpto.	FTA
	Despacho	004.107.0	e-mail	tlosadad@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	5	X, V	10:30-12:00	Teresa Losada Doval	Todo el semestre	45	T/S	FTA

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Teresa Losada Doval	L y J: 10.00h-11.30h Resto on-line	tlosadad@ucm.es	04.107.0

(*) (3h no presenciales): horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

Programa de la asignatura

1. Introducción: Cambio climático actual en el contexto del clima preindustrial. Dimensión social del cambio climático. El IPCC. Objetivos de desarrollo sostenible. Cambio climático futuro. Mitigación y adaptación.

2. Clima y Cambio climático: Clima y sistema climático. Balance radiativo del planeta. Efecto invernadero. Balance de energía en superficie. Concepto de cambio climático.

3. Causas del Cambio climático: Factores naturales y antropogénicos en un clima cambiante. Forzamientos radiativo y radiativo eficaz. Procesos de realimentación.

4. Variabilidad climática: Escalas de variabilidad climática. Variabilidad climática natural: Modos de variabilidad climática. Cambios climáticos en la historia de la Tierra. Evolución climática en el periodo instrumental.

5. Modelización del clima futuro: Escenarios de emisiones. Modelos climáticos. Predicciones climáticas estacionales a decadales. Proyecciones del cambio climático.

6. Fenómenos climáticos extremos: Extremo climático: concepto y categorías. Relación exposición-vulnerabilidad-impacto asociada a extremos climáticos. Cambios proyectados en extremos climáticos.

Desarrollo de trabajos: 8 sesiones prácticas orientadas al desarrollo de trabajos por parte de los alumnos sobre temas relacionados con el Cambio climático. Posibles temáticas:

- Efectos del cambio climático en ecosistemas
- Efectos del cambio climático en el ámbito socioeconómico.
- Eventos de extremos climáticos (olas de calor y de frío, sequías, inundaciones, …)
- Grandes cambios climáticos en la historia del planeta
- Cambio climático en los medios de comunicación

Bibliografía

Box, M. A., & Box, G. P. (2024). *The Science of Our Changing Climate*. Cambridge University Press.

Dessler, A. E. (2021). *Introduction to modern climate change*. Cambridge University Press.

Hartman, D. 2016 (2nd Ed.): Global physical climatology. Elsevier

Archer, D. (2011). *Global warming: Understanding the forecast*. John Wiley & Sons.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., ... & Zhou, B. (2021). Climate change 2021: the physical science basis. *Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, *2*(1), 2391.

Recursos en internet

- Campus virtual
- https://www.ipcc.ch/
- https://www.noaa.gov/categories/climate-change
- https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate
- http://meteolab.fis.ucm.es

Metodología

Se impartirán:

- Clases de teoría, en las que se desarrollará el temario indicado en la sección 'Programa de la asignatura'.
- Clases prácticas, en el formato de seminarios, que se irán intercalando adecuadamente con las clases de teoría, como apoyo y complemento de éstas últimas. En estas clases se resolverán dudas y organizarán las actividades de evaluación continua (ver 'Otras actividades de evaluación').

Los contenidos de las clases de teoría se explicarán utilizando presentaciones proyectadas desde el ordenador y pizarra. Estas presentaciones, junto con todo el material empleado en clases serán facilitadas al alumno en el Campus Virtual de la asignatura con antelación suficiente.

Se realizará evaluación continua, cuyas tareas se entregarán a través del Campus Virtual

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	70%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Se realizará un examen final.
Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

A lo largo del curso, como parte de la evaluación continua, los alumnos tendrán que hacer entrega de un trabajo en grupo propuesto para este fin. El desarrollo del trabajo incluirá: en una primera fase la presentación de un esquema previsto incluyendo el planteamiento del mismo; en una segunda fase de la configuración de un poster con un avance de los contenidos y, en una tercera fase de la entrega de un trabajo final. Se evaluará la calidad de estos hitos. Se considerará la posibilidad de realizar una sesión pública a la facultad de presentación de los póster y de realizar presentaciones en clase con seminarios del trabajo final.

Se dedicarán seminarios de clase a la orientación y desarrollo de las anteriores actividades de valuación continua.

La realización del trabajo es obligatoria así como la asistencia al 70% de las sesiones de clase y seminarios para poder aprobar la evaluación continua.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{Exam} \geq 4$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Sismología y Estructura de la Tierra		Código	800556	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de la Atmósfera y de la Tierra	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.2	1.8	
Horas presenciales	45	31	8	6

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
Comprender la generación y propagación de ondas en la Tierra y establecer su relación con la estructura y dinámica de la Tierra.
Breve descripción de contenidos
Propagación de ondas sísmicas. Estructura interna de la Tierra. Parámetros focales de los terremotos. Sismicidad, sismotéctonica y riesgo sísmico. Flujo térmico. Geocronología y datación. Dinámica terrestre.
Conocimientos previos necesarios
Conocimientos básicos impartidos en el grado de Física en elasticidad, óptica geométrica, termodinámica y radiactividad

Profesor/a coordinador/a	María Luisa Osete López		Dpto.	FTA
	Despacho	04.115.0	e-mail	mlosete@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5	L, X	12:00-13:30	María Luisa Osete López	39	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Lugar	Fechas	Horario	Profesor	horas	Dpto.
L1	Aula de Informática A3	25 febrero 4 Marzo 15 abril 4 Mayo	12:00-13:30	Martín Bengoechea Albala	6	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	María Luisa Osete López	J: 10.30h-13.30h Resto on-line	mlosete@fis.ucm.es	04. 115.0

Programa de la asignatura

1.- INTRODUCCIÓN.
Introducción histórica. Generación y ocurrencia de terremotos. Terremotos y estructura y dinámica de la Tierra.
2.- PRINCIPIOS DE MECÁNICA DE MEDIOS CONTÍNUOS
Tensor de esfuerzos. Ecuaciones del equilibrio. Ecuación de Cauchy. Tensor isotrópico y desviatorio. Esfuerzos principales. Esfuerzos de cizalla máximos. Círculo de Mohr. Desplazamiento de un cuerpo continuo. Tensor de deformaciones infinitesimales. Medio elástico. Módulos elásticos. Ecuaciones del movimiento.
3. PROPAGACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS
Propagación de ondas en un medio elástico. Ondas internas. Desplazamientos de las ondas P y S. Potenciales. Reflexión y refracción. Trayectorias y tiempos de llegada. Aplicaciones. Propagación en un medio esférico.
4. ONDAS SUPERFICIALES y OSCILACIONES LIBRES DE LA TIERRA
Ondas superficiales en un medio seminfinito. Ondas superficiales en una capa. Ondas Love. Dispersión de ondas. Velocidad de grupo y fase. Curvas de dispersión y estructura interna de la Tierra. Oscilaciones libres de la Tierra. Atenuación anelástica
5.- ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA
Variaciones radiales de las velocidades de las ondas sísmicas. Ecuación de Adams-Williamson. Modelos de estructura interna de la Tierra. Corteza oceánica y continental. Tomografía sísmica. Manto superior. Manto inferior. Capa D". Núcleo externo. Núcleo interno.
6. GEOCRONOLOGIA
Unidades de tiempo astronómicas. Escala bioestratigráfica. Correlaciones estratigráficas y magnetoestratigráficas. Datación radiométrica. Relaciones Padre-hija. Método del Rb-Sr. Método del K-Ar. Método del Ur-Pb. Otros métodos de datación. Edad de la Tierra.
7. FLUJO TÉRMICO
Transferencia de Calor. Ley de Fourier de la conducción. Ecuación de la conducción. Generación radioactiva de calor. Cálculo de Geotermas. Enfriamiento instantáneo. Litosfera oceánica. Procesos térmicos en el manto. Equilibrio adiabático gravitacional. Patrones de convección. Convección en el núcleo externo.
8. GEODINAMICA
Conceptos básicos de tectónica de Placas. Litosfera. Márgenes de placas. Puntos calientes y Plumas. Paleomagnetismo y tectónica de Placas. El ciclo de Wilson. Sismicidad y esfuerzos en la litosfera. Manto superior y manto inferior. Acoplamiento manto-núcleo. Estado dinámico del núcleo.
9. PARAMETROS FOCALES DE LOS TERREMOTOS
Localización y hora origen. Intensidad, magnitud y energía. Tensor momento sísmico. Parámetros de fractura. Fuente puntual. Mecanismo de los terremotos.
10. SISMICIDAD Y RIESGO SÍSMICO.
Distribución espacio-temporal de terremotos. Distribución de magnitudes. Premonitores, réplicas y enjambres. Peligrosidad y riesgo sísmico. Predicción y prevención de terremotos. Sistemas de alerta sísmica temprana.

PRACTICAS: Se realizarán 4 sesiones en el Aula Informática

Bibliografía

Básica

Buforn, E.; C. Pro, A. Udías. (2010). Problemas resueltos de Geofísica. Pearson Education S. A

Fowler, C.M. (2005). The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics. Cambridge University Press

Turcotte, D.L. and Schubert, G. (2002), Geodynamics. Cambridge University Press

Udías, A. y J. Mezcua (1997). Fundamentos de Geo□sica. Textos. Alianza Universidad.

Complementaria

Buforn, E. C. Pro y A. Udías. (2012). Solved problems in Geophysics . Cambridge University Press.

Schubert, G. (2015). Treatise on Geophysics. Segunda Edición. Capítulo 4 y 6. Elsevier

Udías, A. y E. Buforn. (2018) Principles of Seismology (2 nd edition). Cambridge University Press.

Recursos en internet

Campus virtual

http://www.ign.es

http://www.orfeus-eu.org

http://www.iris.washington.edu

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de Sismología y Física del Interior de la Tierra, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales y operativas.
- Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada.

Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. Ocasionalmente las lecciones se podrán ver complementadas con casos reales de ocurrencia de terremotos a lo largo del curso.
La propuesta de problemas y prácticas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte práctica de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

A lo largo del curso y como parte de la evaluación continua, el alumno entregará de forma individual los problemas y prácticas que le indique el profesor en las fechas que éste determine. El alumno podrá realizar presentaciones orales sobre temas que se propondrán a lo largo del curso. La asistencia y participación en las clases también se tendrá en cuenta en la evaluación.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = \max \{ 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtrasActiv} , \ N_{Exam} \}$$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2025-26)

Geofísica y Meteorología Aplicadas		Código	800558	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de la Atmósfera y de la Tierra	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.2	1.8	
Horas presenciales	45	31	2	12

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Conocer las aplicaciones fundamentales de la Geofísica y Meteorología y saber aplicar sus métodos a problemas de interés social y económico: recursos naturales, ingeniería civil, prevención de riesgos, etc.
- Adquirir la base necesaria para analizar críticamente los avances en Geofísica y Meteorología.

Breve descripción de contenidos

La asignatura pretende proporcionar una visión general sobre algunas de las aplicaciones prácticas de la Geofísica y la Meteorología, incluyendo problemas de interés social y económico, así como familiarizar a los alumnos con conceptos y herramientas necesarios en el proceso de recopilación, tratamiento, análisis e interpretación de datos meteorológicos y geofísicos.

Conocimientos previos necesarios

Es muy recomendable haber cursado las asignaturas de “Física de la Tierra” y “Física de la Atmósfera” del Grado de Física.

Profesor/a coordinador/a	Mariano Sastre Marugán		Dpto.	FTA
	Despacho	04.231.0	e-mail	msastrem@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	T/P	Dpto.
A	5	L, X	13:30-15:00	Fátima Martín Hernández	16.5	T/P/S	FTA
				Mariano Sastre Marugán	16.5	T/P/S	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Fátima Martín Hernández	V: 10:00-13:00 Resto on-line	fatima@ucm.es	04.102.0
	Mariano Sastre Marugán	1er. semestre M,V: 11:15-12:45 2º semestre M,X: 11:15-12:45 Resto on-line	msastrem@ucm.es	04.231.0

Laboratorios – Detalle de horarios y profesorado					
Laboratorio Aula de Informática					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1 y L2	Aula informática	2 (Por determinar).	Mario Serrano Sánchez-Bravo	3	FTA
	Aula informática	4 (Por determinar)	Mariano Sastre Marugán	6	
Laboratorio de Geofísica					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Parque de Ciencias	2 (2 fechac por determinar; dos grupo por sesión).	Mª del Carmen Romero Toribio	3	FTA
L2				3	FTA

Programa de la asignatura

• Instrumentación y Medidas: Variables geofísicas y meteorológicas. Instrumentación y Sistemas de Observación. El proceso de medida: cadena de errores.

• Meteorología aplicada: Series de datos climáticos. Modelización atmosférica. Teledetección en la atmósfera. Situaciones sinópticas. Recurso eólico. Otras aplicaciones.

• Prácticas de meteorología aplicada: Modelización. Productos satelitales.

• Geofísica Aplicada: Introducción. Métodos directo e inverso en geofísica. Método gravimétrico. Método magnético. Métodos eléctricos y electromagnéticos. Método sísmico. Bases Físicas. Instrumentación y trabajo de campo. Interpretación. Posibilidades y limitaciones. Aplicaciones.

• Prácticas de geofísica aplicada: 1) Análisis del método directo en prospección gravimétrica (1 sesión). 2) Análisis del método inverso en prospección magnética con el uso de medidas reales de magnetómetro (2 sesiones). 3) Tomografía eléctrica: método, toma de datos reales e interpretación (1 sesión).

Bibliografía

• Houghton, D. D. Handbook of applied meteorology, 1985, Wiley and Sons.
• Lackmann, G. Midlatitude synoptic meteorology: dynamics, analysis, and forecasting, 2011, American Meteorological Society.
• Lowrie, W., 2007, Fundamentals of Geophysics, Cambridge University Press.
• Milsom, J. J., and Eriksen. A. Field Geophysics (Geological Field Guide), 2011, Willey and Sons, 304 pag.
• Organización Meteorológica Mundial. (2018-2023). Guía de instrumentos y métodos de observación (WMO-No. 8).
• Udías A. y J. Mezcua, 1996, Fundamentos de Geofísica, Ed. Alianza.
• Vilà-Guerau de Arellano, J., van Heerwaarden, C. C., van Stratum, B. J. H., van den Dries, K. Atmospheric Boundary Layer: Integrating Air Chemistry and Land Interactions, 2015. Cambridge University Press.
• World Meteorological Organization. (2023-2024). Guide to operational weather radar best practices (WMO-No. 1257).

Recursos en internet

Campus Virtual de la UCM.

Módulos “Teledetección por satélite” y “Fundamentos de teledetección en el visible e infrarrojo”, disponibles en https://www.meted.ucar.edu/

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de geofísica y meteorología y sus métodos de análisis.

• Ejemplos prácticos que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen adecuadamente.

• Prácticas: Se llevarán a cabo seis prácticas en horario de clase (dos de Meteorología; y dos de campo y dos de tratamiento de datos en la parte de Geofísica).

• Como parte de la evaluación continua, se podrán solicitar trabajos monográficos y/o la participación en seminarios.

• Si las condiciones lo permiten, se realizará una visita a un observatorio meteorológico.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	50%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Se realizará un examen final que constará de cuestiones teórico-prácticas.

Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%

- Se deberán realizar correctamente las prácticas que se indican en el programa. Los informes de prácticas se podrán entregar solo si se ha asistido a las sesiones indicadas en el apartado Laboratorio.

- Cada estudiante entregará los trabajos (memorias de las prácticas, etc.) indicados por parte del profesorado en las fechas que se determinen. La participación en actividades complementarias (como seminarios, si los hubiera), se valorará en este apartado.

La calificación final de este apartado será $N_{OtrasActiv}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{Final} = 0.5N_{Exam} + 0.5N_{OtrasActiv}$$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

Si un alumno tiene aprobada la parte “otras actividades de evaluación” ($N_{otrasActiv} \geq 5$) pero su nota media no alcanza el aprobado en la convocatoria ordinaria, no se le requerirá que vuelva a presentar las memorias de las prácticas. En ese caso podrá mantener su califcación $N_{OtrasActiv}$, que se promediará con la nota N_{Exam} obtenida en la convocatoria extraordinaria.

10. Prácticas/Tutorías y TFGs

Grado en Física (curso 2025-26)

Prácticas en Empresa Tutorías		Código	800559	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Transversal	Materia	Prácticas en Empresas / Tutorías	Tipo	optativo		

Créditos ECTS:	6	Horas de dedicación	150

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
• Familiarizarse con el entorno profesional, poniendo en práctica las capacidades adquiridas y acercándose al mundo laboral. • Adquirir experiencia docente y reforzar la capacidad de transmitir conocimientos.
Breve descripción de contenidos
Realización de prácticas en empresas; colaboración en la docencia de las asignaturas de los dos primeros años del Grado. Todos los detalles sobre el procedimiento de matrícula, solicitud de tutorías, ofertas de prácticas, evaluación, etc, están fijados en el reglamento aprobado por Junta de Facultad el 27 de marzo de 2019 y disponible en: http://fisicas.ucm.es/practicas-externas-y-tutorias

Profesor/a coordinador/a	Vicedecana de Movilidad, Prácticas y Empleabilidad (Prácticas en Empresa) Vicedecana de Calidad (Tutorías)	vdafis@ucm.es vdcalfis@ucm.es

Grupo	Profesor	e-mail
Prácticas en Empresa	Tribunal a determinar	
Tutorías	Tribunal a determinar	

Metodología

PRÁCTICAS EN EMPRESA:

La realización de esta actividad tendrá lugar en una empresa o institución externa de entre aquellas que tengan convenio con la UCM.

Un profesor de la Facultad actuará como tutor del estudiante. La asignación del mismo correrá a cargo del coordinador. El tutor actuará como persona de contacto con el estudiante y con la institución externa, supervisando que las prácticas se realizan con normalidad y que se ajustan a la temática y carga de trabajo establecidas previamente, siendo también el encargado de verificar que la formación adquirida por el estudiante es adecuada para la realización del programa de prácticas programado.

El periodo de prácticas deberá realizarse durante el curso académico en el que se somete a evaluación la asignatura y siempre con posterioridad a la matrícula del alumno en el curso académico donde se defiende.

TUTORÍAS:

Los alumnos tutores, bajo la supervisión del profesor coordinador de la asignatura correspondiente, ayudarán a los estudiantes de los dos primeros cursos del Grado en Física, mediante la realización de tareas de apoyo, tales como:

- Resolución de problemas, corrección de ejercicios propuestos y aclaración de dudas, en sesiones de tutorías programadas en el aula.

- Apoyo en las clases de prácticas en los laboratorios y en el aula de informática.

- Participación en reuniones de coordinación.

- Organización de seminarios y actividades de interés para los alumnos de su asignatura.

En todo caso, los coordinadores establecerán y revisarán anualmente las tareas encomendadas a los alumnos tutores y velarán por que éstos puedan llevar a cabo suficientes actividades, dentro de las tareas programadas, como para cubrir la dedicación establecida de 150 horas y poder optar a la evaluación posterior.

Más información en el siguiente enlace:

http://fisicas.ucm.es/practicas-externas-y-tutorias

Procedimiento de matriculación (Prácticas en Empresa)

Para la asignatura Prácticas en Empresa, la matrícula nunca se realizará de forma automática. Para formalizar la práctica y poder matricular la asignatura, será necesario haber formalizado primero un anexo del estudiante en el que se recogen las condiciones académicas y profesionales de la misma. Este anexo debe ser firmado por un tutor en la empresa, un tutor académico de la UCM y el propio alumno. Para la gestión del mismo será necesario ponerse en contacto con el/la coordinador/a de la titulación quien informará sobre las ofertas y adjudicación de las prácticas y gestionará la firma del anexo por las tres partes.

El protocolo de asignación deberá pasar por la plataforma GIPE de Gestión Integral de Prácticas Externas de la UCM, por lo que es altamente recomendable darse de alta al inicio de curso en la modalidad de prácticas curriculares. Una vez acordada la práctica y firmado el anexo, el/la coordinador/a lo entregará a la Vicedecana de Movilidad, Prácticas y Empleabilidad quien lo remitirá a Secretaría de Alumnos para proceder a la matrícula.

Se recomienda a los estudiantes que vayan a finalizar la titulación durante el curso que desean realizar las prácticas que se matriculen al inicio de curso una asignatura optativa adicional de segundo cuatrimestre para poder finalizar sus estudios en caso de que no sea posible la asignación de una oferta de prácticas. Una vez conformado el anexo del estudiante se estudiará la modificación de la matrícula de

la asignatura optativa, intercambiándola por la de Prácticas en Empresa.

La matriculación de la asignatura de Prácticas en Empresa deberá realizarse preferentemente antes del mes de marzo.

Procedimiento de matriculación (Tutorías)

Entre los meses de julio-septiembre anterior al comienzo del curso académico, se establecerá un plazo dentro del cual los alumnos podrán solicitar la realización de esta actividad mediante un formulario disponible en la página Web del Centro (https://fisicas.ucm.es/alumnos-tutores-(grado-en-fisica)).

Los alumnos tutores deberán haber obtenido una calificación igual o superior a 7.0 en las asignaturas que soliciten. No obstante, en caso de existir plazas vacantes, podrán aceptarse alumnos que no cumplan este requisito para la asignatura solicitada, con el visto bueno del coordinador de la misma.

Finalizado este periodo, el coordinador de Tutorías verificará que los candidatos cumplen las condiciones y llevará a cabo la asignación de asignaturas. En caso de que alguna asignatura tenga más solicitudes que plazas disponibles, se ordenará a los alumnos por la calificación obtenida en cada asignatura y en caso de empate por el valor de N*CS/150, con N la nota media del alumno y CS el número de créditos superados, ambos a fecha de presentación de la solicitud.

El coordinador de Tutorías hará llegar a la Secretaría de Alumnos un listado de los alumnos que van a realizar la actividad, indicando el semestre en el que se realizará, para poder matricular a los alumnos en el plazo establecido.

La solicitud y asignación de asignaturas se realizará en un solo plazo para las asignaturas de los dos semestres académicos. No obstante, en caso de que existan solicitudes y con el visto bueno del coordinador de materia, se podrá abrir un plazo extraordinario para el segundo semestre.

Evaluación

Prácticas en Empresa: El responsable en la institución externa emitirá un informe valorando diferentes aspectos del trabajo del estudiante, como puntualidad, responsabilidad, iniciativa, actitud, interés, integración en el grupo de trabajo, orden, asimilación del uso de tecnología, interpretación y evaluación de datos. En dicho informe deberá figurar expresamente el número de horas realizadas. El tutor UCM deberá a su vez remitir un breve informe sobre el desarrollo de la práctica. El estudiante deberá presentar un informe detallado y defender oralmente en sesión pública las actividades realizadas cuyas características y fechas establecerá el tribunal evaluador y se publicará en https://fisicas.ucm.es/practicas-externas.

Tutorías: Previamente al desarrollo de la asignatura, el coordinador de cada asignatura remitirá al coordinador de materia una propuesta detallada de las actividades que realizarán los alumnos tutores firmada por el coordinador de asignatura y por el alumno. Al finalizar el semestre en el que se imparte dicha asignatura, el alumno tutor remitirá al coordinador de materia una ficha de las actividades realizadas con el visto bueno del coordinador de asignatura.

El coordinador de cada asignatura emitirá un informe valorando aspectos como la dedicación, actitud, responsabilidad, etc, así como el cumplimiento de los objetivos y tareas encomendadas. Asimismo, el alumno tutor elaborará una memoria donde exponga el trabajo realizado, incluyendo su valoración sobre el seguimiento de la asignatura por parte de los alumnos, los puntos del programa que más dificultades plantean, conocimientos previos que deberían reforzarse, etc.

El tribunal evaluador se nombrará en Junta de Facultad entre los coordinadores de las asignaturas de los dos primeros cursos. Como parte de la evaluación, el tribunal organizará una sesión en la que cada estudiante realizará una breve exposición sobre el trabajo realizado. El tribunal deberá valorar el cumplimiento de las actividades reflejadas en la propuesta inicial. El tribunal podrá solicitar el asesoramiento del coordinador de asignatura.

El sistema de calificaciones se atendrá a lo establecido en el Real Decreto 1125/2003.

Grado en Física (curso 2025-26)

Trabajo Fin de Grado	Código	800528	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo/Materia	Trabajo Fin de Grado	Tipo	obligatorio			

Créditos ECTS:	6	Horas de dedicación	150

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Los relacionados con el tema del trabajo concreto que realice cada estudiante.
- Estudiar en profundidad, analizar y desarrollar un tema concreto basándose en los contenidos y el nivel de las materias del Grado.
- Mostrar capacidad para aplicar las habilidades y competencias adquiridas durante los estudios de Grado a situaciones concretas y nuevas.
- Ser capaz de presentar una memoria con los resultados de un trabajo y hacer una defensa oral de esta.

Breve descripción de contenidos

El trabajo fin de grado versará sobre un tema bien definido de interés para el estudiante dentro del ámbito de la Física y a un nivel que pueda ser abordado con los conocimientos y competencias del Grado. Un profesor tutor deberá aprobar el tema del trabajo y asesorar al estudiante en su realización. La orientación del trabajo puede ser teórica, experimental, pedagógica, etc.

Profesor/a coordinador/a	Jaime Rosado Vélez	jaime_ros@fis.ucm.es

Recursos en internet

https://fisicas.ucm.es/tfg-grado-en-fisica-y-doble-grado

Metodología

El TFG será realizado individualmente por cada estudiante, bajo la supervisión de uno o varios doctores. El estudiante llevará a cabo la elaboración del trabajo, deberá redactar y presentar una memoria sobre el mismo y defenderlo ante un tribunal evaluador. La labor de los supervisores es la de orientar y supervisar el trabajo del estudiante, aportando sugerencias o ayudándole con eventuales obstáculos y dificultades, siendo responsabilidad exclusiva del estudiante la superación con éxito de la asignatura.

El TFG no podrá estar plagiado ni haber sido presentado con anterioridad por el mismo alumno en otra asignatura. El incumplimiento de alguna de estas condiciones podrá derivar en las sanciones que la Universidad Complutense establezca al efecto.

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Realización de un trabajo.
- Elaboración y exposición pública de una memoria sobre el trabajo realizado.

La distribución en créditos ECTS para las dos actividades formativas anteriores se estima en 4 y 2 ECTS respectivamente.

Más información:

https://fisicas.ucm.es/tfg-grado-en-fisica-y-doble-grado

Evaluación

La evaluación del TFG se llevará a cabo por uno o varios tribunales nombrados al efecto por la Junta de Facultad para cada titulación, cuyos miembros serán propuestos por los Departamentos. Los tribunales designados actuarán en todas las convocatorias del curso. Estos tribunales estarán formados por tres profesores y sus suplentes. Se nombrará al menos un tribunal por cada departamento. Los tribunales estarán compuestos por dos profesores propuestos por el departamento y un tercero nombrado por sorteo entre los miembros de los tribunales propuestos por los demás departamentos.

En la evaluación se tendrá en cuenta un informe presentado por el supervisor en el que se valore y califique el trabajo realizado por el estudiante. Además, el tribunal evaluará los aspectos relacionados con la redacción del TFG (extensión del trabajo, estructura, aspectos formales, etc…) y con la defensa (duración, etc…).

Periodos de clases y exámenes y festividades y días no lectivos – Curso 2025-26

Periodos de clases y exámenes	
Clases Primer Semestre:	Del 3 de septiembre al 12 de diciembre de 2025
Exámenes Primer Semestre (diciembre-enero):	Del 15 al 19 de diciembre de 2025 y del 8 al 16 de enero de 2026
Entrega de Actas	2 de febrero de 2026
Clases Segundo Semestre:	Del 19 de enero al 26 de marzo de 2026 y del 7 de abril al 8 de mayo de 2026
Exámenes Segundo Semestre (mayo):	del 11 al 29 de mayo de 2026
Entrega de Actas	10 de junio de 2026
Exámenes Convocatoria Extraordinaria (junio)	del 11 al 26 de junio de 2026
Entrega de Actas	8 de julio de 2026

Nótese que cada ficha indica el número de horas de que consta la asignatura, por lo que en algunas el final de las clases podría ser anterior al final del periodo lectivo.

Festividades y días no lectivos	
12 de octubre	Fiesta Nacional
1 de noviembre	Festividad de Todos los Santos
9 de noviembre	Madrid, festividad de La Almudena (trasladado al 10 de noviembre)
15 de noviembre	San Alberto Magno (trasladado al 14 de noviembre)
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
8 de diciembre	Inmaculada Concepción
28 de enero	Santo Tomás de Aquino (trasladado al 30 de enero)
1 de mayo	Día del Trabajo
2 de mayo	Festividad Comunidad de Madrid
15 de mayo	Madrid, festividad de San Isidro
Del 22 de diciembre al 7 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 27 de marzo al 6 de abril	Vacaciones de Semana Santa

Calendario académico 2025-2026

Septiembre 2025

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
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 2025

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
		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 2025

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
					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 2025

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	R	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Enero 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
			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 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
						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 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
						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 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
		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 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
				1	2	3
4	5	6	R	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 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
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 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
		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 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
					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						

Septiembre 2026

Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do
	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				

2 Acto bienvenida estudiantes de grado

1 Festivos

Periodos examen

No lectivos

Entrega actas

Parciales GIM

Parciales GF

Defensa TFG

R Dias recuperación

	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	tot.	ex.
1Q	12	14	15	15	14	70	12
2Q	14	15	15	15	12	71	14
						Extraord.:	12

Aprobado en Junta de Facultad de 14/02/2025

11. Cuadros Horarios del Grado en Física

1º Grado en Física 25-26

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO A Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	FFísica I	FFísica I	LCC A (Aul.Inf.)	FFísica I	FFísica I
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00	Matems	Matems		Matems	Matems
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	LCC (A)	Química		Química	Química
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30	LCC A * (Aul.Inf.)				
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					

* las clases terminan 15' después

** las clases comienzan 15' antes

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO B (inglés) Aula 7

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30			Matems	Matems	Matems
9:30-10:00		Química			
10:00-10:30					
10:30-11:00		FFísica I	Química	FFísica I	FFísica I
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	LCC B (Aul.Inf.)				
12:30-13:00		LCC (B)			
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00				LCC B** (Aul.Inf.)	
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO C Aula 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00	Matems	Matems	Química	Química	
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30	FFísica I	FFísica I	Matems	FFísica I	
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					LCC C** (Aul.Inf.)
13:00-13:30				LCC (C)	
13:30-14:00					
14:00-14:30		LCC C (Aul.Inf.)			
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO A Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	FFísica II	FFísica II	FFísica II	Álgebra	
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00	Álgebra	LFI (A)	Álgebra	FFísica II	
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	Cálculo	Cálculo	Cálculo		
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30	LabFís I (A)				
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO B (inglés) Aula 7

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30		Álgebra			FFísica II
9:30-10:00			Álgebra	Cálculo	
10:00-10:30					
10:30-11:00		Cálculo			
11:00-11:30			Cálculo	FFísica II	Álgebra
11:30-12:00					
12:00-12:30		FFísica II			
12:30-13:00					
13:00-13:30					LFI (B)
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30				LabFis I (B)	
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30_19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO C Aula 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					FFísica II
9:30-10:00				Álgebra	
10:00-10:30	Cálculo	Cálculo			
10:30-11:00					
11:00-11:30				FFísica II	Cálculo
11:30-12:00	Álgebra				
12:00-12:30		FFísica II			
12:30-13:00					Álgebra
13:00-13:30				LFI (C)	
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00		LabFís I (C)			
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30_19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º Grado en Física 25-26

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO D Aula 7

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30		LCC D (Aul.Inf.)			
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00				LCC D (Aul.Inf.)*	
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30	FFísica I	FFísica I	FFísica I	FFísica I	
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00	Matems	Matems	Matems	Matems	
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30	Química	Química	LCC (D)	Química	
18:30-19:00					
19:00-19:30					

* las clases terminan 15' después ** las clases comienzan 15' antes

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO E Aula 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30	LCC E (Aul.Inf.)				
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00			LCC E (Aul.Inf.)*		
12:00-12:30	LCC (E) aula 7				
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00	FFísica I	FFísica I	FFísica I	FFísica I	
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30	Química	Matems	Química	Química	
16:30-17:00					
17:00-17:30	Matems		Matems	Matems	
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO F Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					LCC F (Aul.Inf.)*
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30		LCC F (Aul.Inf.)			
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					Matems
14:30-15:00			Matems	Matems	
15:00-15:30		Matems			Química
15:30-16:00					
16:00-16:30			Química	Química	
16:30-17:00		LCC (F)			FFísica I
17:00-17:30				FFísica I	
17:30-18:00		FFísica I	FFísica I		
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO D Aula 4A

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30			LabFís I (D)		
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00	FFísica II			FFísica II	
15:00-15:30		FFísica II			
15:30-16:00			FFísica II		
16:00-16:30	Álgebra			LFI (D)	
16:30-17:00		Álgebra			
17:00-17:30			Álgebra		
17:30-18:00	Cálculo			Cálculo	
18:00-18:30		Cálculo			
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO E Aula 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30		LabFis I (E)			
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	LFI (E) aula 7				
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00	Álgebra	FFísica II	FFísica II	FFísica II	
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30		Álgebra	Álgebra	Cálculo	
16:30-17:00	FFísica II				
17:00-17:30					
17:30-18:00		Cálculo	Cálculo		
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO F Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					LabFís I (F)
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00				FFísica II	
15:00-15:30		Cálculo	LFI (F)		Cálculo
15:30-16:00				Cálculo	
16:00-16:30					
16:30-17:00		FFísica II	FFísica II		FFísica II
17:00-17:30					
17:30-18:00				Álgebra	
18:00-18:30		Álgebra	Álgebra		
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

2º Grado en Física 25-26

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO A — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Mecánica Clásica	Electrom I	Electrom I	Electrom I	Mecánica Clásica
9:30-10:00					
10:00-10:30			Termo		
10:30-11:00	Termo	Termo		Mecánica Clásica	
11:00-11:30					Métodos Mat. I
11:30-12:00					
12:00-12:30	LbF II 2sem	LbF II 2sem	Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO B (inglés) — Aula 10

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Termo	Termo	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica	Termo
9:30-10:00					
10:00-10:30	Mecánica Clásica	Electrom I	Electrom I	Electrom I	
10:30-11:00					Métodos Mat. I
11:00-11:30					
11:30-12:00	LbF II 2sem	Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	LbF II 2sem	
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO E — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Termo	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica		Electrom I
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00		Termo	Termo		Mecánica Clásica
11:00-11:30	LFII 2s				
11:30-12:00	Mt. Mat. I				
12:00-12:30		Métodos Mat. I	Electrom I		
12:30-13:00	Electrom I				LbF II 2sem
13:00-13:30			Métodos Mat. I		
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					

Desde la 3ª semana del curso.

Antes LbFII de 11 a 12 y las otras 1h después.

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO A — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:30-9:00			LbF II 2sem		
9:00-9:30	Optica	Optica		Optica	
9:30-10:00					
10:00-10:30			Métodos Mat. II		
10:30-11:00	Física Cuánt. I	Física Cuánt. I		Física Cuánt. I	
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	Electrom II	LbF II 3sem	Electrom II	Métodos Mat. II	
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO B — Aula 19

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:30-9:00				LbF II 2sem	
9:00-9:30	Física Cuánt. I	Física Cuánt. I			Física Cuánt. I
9:30-10:00					
10:00-10:30				Métodos Mat. II	
10:30-11:00	Optica	Optica			Optica
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	Métodos Mat. II	Electrom II		Electrom II	LbF II 3sem
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO E — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:30-9:00					
9:00-9:30	Electrom II	Electrom II	Electrom II		Física Cuánt. I
9:30-10:00					
10:00-10:30		Física Cuánt. I			
10:30-11:00	Métodos Mat. II		Métodos Mat. II		Métodos Mat. II
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	LbF II 3sem	Optica	Optica		Optica
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00			LbF II 2sem		
14:00-14:30					
14:30-15:00					

Los horarios del laboratorio de Física II se describen en la ficha de la asignatura

2º Grado en Física 25-26

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO C — Aula 10

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
...					
14:00-14:30					LbF II 2sem
14:30-15:00	LF II 2s				
15:00-15:30	Mecánica Clásica	Electrom I	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica	Electrom I
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00	Termo	Termo	Métodos Mat. I	Termo	Métodos Mat. I
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30		Mecánica Clásica *			
18:30-19:00				Electrom I	
19:00-19:30					

*Desde la 3ª semana (18 sp).

Antes LbFII el L de 14:30 a 16:30h y McCl el M.

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO D — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
...					
14:00-14:30					
14:30-15:00	LbF II 2sem				
15:00-15:30		Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	Termo
15:30-16:00					
16:00-16:30	Termo	Termo			
16:30-17:00			Mecánica Clásica	Electrom I	
17:00-17:30					Mecánica Clásica
17:30-18:00	Mecánica Clásica	Electrom I			
18:00-18:30				LbF II 2sem	
18:30-19:00			Electrom I		
19:00-19:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO C — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
...					
13:00-13:30					
13:30-14:00		LbF II 2sem (Aula 5)		LbF II 3sem	
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30	Optica	Optica	Física Cuánt. I	Optica	Métodos Mat. II
15:30-16:00					
16:00-16:30					Física Cuánt. I
16:30-17:00		Electrom II		Electrom II	
17:00-17:30	Métodos Mat. II		Métodos Mat. II		
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					

2º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO D — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
...					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00			Optica		Optica
15:00-15:30	Electrom II	Métodos Mat. II			
15:30-16:00				Física Cuánt. I	
16:00-16:30			Electrom II		Métodos Mat. II
16:30-17:00		Física Cuánt. I			
17:00-17:30	Física Cuánt. I			Métodos Mat. II	
17:30-18:00		Optica			LbF II 3sem
18:00-18:30			LbF II 2sem		
18:30-19:00					
19:00-19:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

Los horarios del laboratorio de Física II se describen en la ficha de la asignatura

Horarios de 3º del Grado en Física 25-26

1er SEMESTRE — Aula M3

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	F.Estad. A	F. Cuánt. II A	*LbF III (A) 3sem*	F. Cuánt. II A	Astrofísica (A)
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					Fís. Comp. (A)
11:00-11:30	Astrofísica (D)	Astrofísica (A)	F.Estad. A	Astrofísica (D)	
11:30-12:00					
12:00-12:30					Ha. Física (A)
12:30-13:00		Ha. Física (A)	Fís. Comp. (A)		
13:00-13:30					
13:30-14:00	Astrofísica (B) aula 7				Astrofísica (B) aula 7
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30	Fís. Comp. (B)	F. Cuánt. II C	F.Estad. C	F. Cuánt. II C	F.Estad. C
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00	F.Estad. D	Astrofísica (C)	Fís. Comp. (B)	Astrofísica (C)	
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30	pasadas 3 primeras semanas				

1er SEMESTRE — Aula 19

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	F.Estad. B		F.Estad. B		Fís. Mater. (A)
9:30-10:00		F.Estad. B		*LbF III (B) 3sem*	
10:00-10:30	F. Cuánt. II B		F. Cuánt. II B		
10:30-11:00				F. Cuánt. II B	
11:00-11:30	Mec. Med. Cont.	Fís. Mater. (A)	*LbF III (B) 3sem*		
11:30-12:00				Mec. Med. Cont.	
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00		Fís. Mater. (B)	Fís. Mater. (C)	Fís. Mater. (B)	
14:00-14:30					
14:30-15:00	Fís. Mater. (C)				F. Cuánt. II D
15:00-15:30		F.Estad. E	F. Cuánt. II D	F.Estad. E	
15:30-16:00					
16:00-16:30	*LbF III (A) 3sem*				F.Estad (D) 3 primeras semanas
16:30-17:00		F. Cuánt. II E	F.Estad. D	F. Cuánt. II E	
17:00-17:30	F. Cuánt. II E				
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

1er SEMESTRE — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00		*LbF III (C) 3sem*	*LbF III (D) 3sem*	*LbF III (C) 3sem*	*LbF III (D) 3sem*
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

2o SEMESTRE — Aula 2

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Estr. Mater. A	Termo.NE (A)	Estr. Mater. A	Termo.NE (A)	Estr. Mater. A
9:30-10:00			GDyCT (A)		
10:00-10:30					
10:30-11:00	GDyCT (A)	Mc.Cuant. (A)		Mc.Cuant. (A)	GDyCT (C)
11:00-11:30			Termo.NE (C)		
11:30-12:00					
12:00-12:30	F. Est. Sólido A	GDyCT (C)		F. Est. Sólido A	Termo.NE (C)
12:30-13:00			Mc.Cuant. (C)		
13:00-13:30					Mc.Cuant. (C)
13:30-14:00					
14:00-14:30			F. Est. Sólido D		
14:30-15:00					
15:00-15:30	F. Est. Sólido D	Estr. Mater. D		Estr. Mater. D	
15:30-16:00			Termo.NE (D)		
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30	Termo.NE (D)	Mc.Cuant. (D)		Mc.Cuant. (D)	
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

Grupos D y E de Estr.Mater. compartidos con DG

2o SEMESTRE — Aulas...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Mc.Quant. (B)			Termo.NE (B)	
9:30-10:00			F. Est. Sólido B		F. Est. Sólido B
10:00-10:30	Termo.NE (B)			Mc.Quant. (B)	
10:30-11:00					
11:00-11:30	GDyCT (B)		Estr. Mater. B	GDyCT (B)	Estr. Mater. B
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

Aula 3 · Aula 8 · Aula 11 · Aula 9

Grupos impartidos en inglés

2o SEMESTRE — Aula 10

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	F. Est. Sólido C	F. Atmosf. (A)	F. Est. Sólido C	F. Atmosf. (A)	F. Est. Sólido C
9:30-10:00					
10:00-10:30	Estad. A.D. (A)	F.Tierra (A)	Estr. Mater. C	F.Tierra (A)	Estr. Mater. C
10:30-11:00					
11:00-11:30		Instr. Electr.		Instr. Electr.	
11:30-12:00					F. Est. Sólido E
12:00-12:30					
12:30-13:00	Estr. Mater. E	F. Est. Sólido E	Estr. Mater. E		
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					Estad. A.D. (B)
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

Grupos D y E de Estr.Mater. compartidos con DG

2o SEMESTRE — Aula...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00	F.Tierra (C)		F.Tierra (C)		
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30	F. Atmosf. (C)		F. Atmosf. (C)		
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

Aula 19 · Aula 14 · Aula 14 · Aula 14

F. Atmosf. (B) · F.Tierra (B) · F. Atmosf. (B) · F.Tierra (B)

Horarios de 4º del Grado en Física curso 2025-26

Materias Orientación Fundamental

1er SEMESTRE — Aula 1

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	F.Atom y Molec (A)	Electrodin Clásica (A)	F.Atom y Molec (A)	Electrodin Clásica (A)	Simetrías y Grupos en F. (A)
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00	Campos Cuánticos (A)	Relatividad G. y Gravit. (A)	Simetrías y Grupos en F. (A)	Campos Cuánticos (A)	Relatividad G. y Gravit. (A)
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	Física Nuclear (A)	F.Atom y Molec (C)	Electrodin Clásica (C)	F.Atom y Molec (C)	Electrodin Clásica (C)
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00	Relatividad G. y Gravit. (B)	Electrodin Clásica (B)	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	F.Atom y Molec (B)
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30	Astrofísica Estelar (B)	Física Nuclear (B)	Relatividad G. y Gravit. (B)	Física Nuclear (B)	F.Atom y Molec (D)
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00	Astronom. Observac.	Inter. Rad-Mater (B)	Astrofísica Estelar (B)	Inter. Rad-Mater (B)	Electrodin Clásica (D)
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30	Electrodin Clásica (D)	F.Atom y Molec (D)	Astronom. Observac.		
18:30-19:00					
19:00-19:30					

Materias Orientación Aplicada

1er SEMESTRE — Aula 12

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Props. Fís. de los Materiales
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido	Fundam. de Meteorol.	Fenóm. de Transporte (aul. inf.)	Fundam. de Meteorol.	Fenóm. de Transporte (aul. inf.)
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	Electr. Analógica y Digital	Geomag. y Gravimetría	Props. Fís. de los Materiales	Geomag. y Gravimetría	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00	Sists. Dinámicos y Realim.				
14:00-14:30					
14:30-15:00		Fotónica (C)	Electr. Analógica y Digital	Fotónica (C)	
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30		Electrónica Física (B)	Sists. Dinámicos y Realim.	Electrónica Física (B)	
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

1er SEMESTRE (grupos adicionales)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	AstrofEstelr (A) Aula 2 MecnTeór (B) Aula 7		AstrofEstelr (A) Aula 2 MecnTeór (B) Aula 6		
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00		Fotónica (B) Sem3.2		Fotónica (B) Aula 11	
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30				(A) Física Nuclear aula 11	
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00	Int. Rad-Mat (A) Aula 3	Simtr y Grps en Fis. (B) Aula3	Mecán Teórica (A) Aula 3	Simtr y Grps en Fis. (B) Aula3	Mecán Teórica (A) Aula 3
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30			Int. Rad-Mat (A) aula 5		
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00		Campos Cuánt (B) Aula 11		Campos Cuánt (B) Aula 11	
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

Por una errata, en una primera versión "Campos Cuánticos" del aula 11 aparecía 1/2h más tarde.

2o SEMESTRE — Aula 1

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Coherencia Óp. y Láser	T. Fase y Fenom. Críticos	Coherencia Óp. y Láser	T. Fase y Fenom. Críticos	
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00	Astrofísica Extragal. (A)	Física de la Materia Condensada	Plasmas y Procesos Atómicos (A)	Física de la Materia Condensada	Plasmas y Procesos Atómicos (A)
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	Cosmología (A)	Partículas Elementales (A)	Cosmología (A)	Astrofísica Extragal. (A)	Partículas Elementales (A)
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30		Cosmología (B)		Cosmología (B)	
14:30-15:00	Partículas Elem. (B)		Partículas Elem. (B)		
15:00-15:30		Astrofísica Extrag. (B)		Astrofísica Extrag. (B)	
15:30-16:00					
16:00-16:30	Plasmas y Procesos Atómicos (B)		Plasmas y Procesos Atómicos (B)		
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					

2o SEMESTRE — Aula 5

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00	Energía y Medio Ambiente	Disp. de Instrum. Óptica	Bases F. Cambio Climático	Disp. de Instrum. Óptica	Bases F. Cambio Climático
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Energía y Medio Ambiente
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00	Geofísica y Meteor. Apl.		Geofísica y Meteor. Apl.		
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					

11. Cuadros Horarios del Doble Grado en Matemáticas – Física

La estrecha relación entre matemáticas y física requiere poca presentación. En la física, las matemáticas han tenido siempre uno de sus ámbitos óptimos de aplicación e inspiración. Para la física las matemáticas son el lenguaje natural y herramienta básica. El que las dos titulaciones compartan cerca del 50% de contenidos, junto con sus múltiples puntos de contacto y afinidades, ha animado tradicionalmente a muchos estudiantes a obtener ambas titulaciones.

A raíz de esta demanda, el doble grado en Matemáticas y Física no se constituye como una titulación diferenciada, sino como un compromiso de las dos facultades involucradas por facilitar a estos alumnos la obtención de ambas titulaciones simultáneamente. Desde el punto de vista práctico, ello supone un esfuerzo de ambos centros por armonizar su organización para ofrecerles compatibilidad de horarios y actividades. Desde el punto de vista administrativo, se les evita la necesidad de convalidar estudios parciales de una titulación en la otra. Al mismo tiempo, el diseño del doble grado es una guía para su formación, marcando las asignaturas recomendadas que evitan redundancias y garantizan su completa formación en ambas áreas. Adicionalmente el doble grado está diseñado de modo que permite a los estudiantes cursar los 360 créditos de que consta en sólo 5 años, en lugar de los 6 que tardarían al ritmo habitual de 60 créditos por curso.

Los títulos de Grado en Matemáticas y Física se adaptan al R.D. 1393/2007 de 29 de octubre por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. Ambos Grados fueron verificados positivamente por la ANECA en resolución de 8 de junio de 2009. Todos los detalles sobre la estructura del doble grado pueden consultarse en el enlace http://fisicas.ucm.es/estudios/grado-matematicasyfisica-estudios-estructura. Todos los detalles sobre las asignaturas y actividades cursadas en cada una de las dos titulaciones pueden consultarse en las respectivas páginas web de ambos centros: www.fis.ucm.es y www.mat.ucm.es

En la facultad de CC Físicas los alumnos de Doble Grado se integran dentro de los mismos grupos que el resto de alumnos del Grado en Física. Ello supuso en su momento un cuidadoso diseño y en la actualidad un permanente esfuerzo para compatibilizar horarios y calendarios entre ambos centros. En concreto los grupos del Grado en Física adaptados para este fin son:

En primer curso los grupos B, C y E para las asignaturas del módulo de Formación Básica.

En segundo curso los grupos A, B y D para las asignaturas del módulo de Formación General.

En tercer curso varios grupos para las diversas asignaturas de los módulos “Formación General”, “Física Fundamental”, “Física Aplicada”, y “Transversal” según se detalla a continuación.

En cuarto curso hay al menos tres grupos para las asignaturas obligatorias en cada orientación, y grupos únicos para la mayoría de las optativas y en todas ellas se hace un esfuerzo de coordinación de horarios para facilitar su compatibilidad con las asignaturas seguidas en Matemáticas.

1º Doble Grado Matemáticas Física 25-26

clases en facultad de Matemáticas

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO B Aula 7

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30		FFísica I		FFísica I	FFísica I
11:30-12:00					
12:00-12:30	LCC B (Aul.Inf.)				
12:30-13:00					
13:00-13:30		LCC (B)			
13:30-14:00					
14:00-14:30				LCC B** (Aul.Inf.)	
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

* las clases terminan 15' después

** las clases comienzan 15' antes

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO C Aula 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30		FFísica I		FFísica I	
11:30-12:00	FFísica I				
12:00-12:30					
12:30-13:00					LCC C** (Aul.Inf.)
13:00-13:30				LCC (C)	
13:30-14:00					
14:00-14:30		LCC C (Aul.Inf.)			
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

** las clases comienzan 15' antes

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO E Aula 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30	LCC E (Aul.Inf.)				
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00			LCC E (Aul.Inf.)*		
12:00-12:30	LCC (E) aula 7				
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00	FFísica I	FFísica I	FFísica I	FFísica I	
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO B Aula 7

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					FFísica II
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30				FFísica II	
11:30-12:00					
12:00-12:30		FFísica II			
12:30-13:00					
13:00-13:30					LFI (B)
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30				LabFis I (B)	
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO C Aula 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					FFísica II
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30				FFísica II	
11:30-12:00					
12:00-12:30		FFísica II			
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00				LFI (C)	
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00		LabFís I (C)			
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO E Aula 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30		LabFis I (E)			
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	LFI € aula 7				
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00		FFísica II	FFísica II	FFísica II	
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00	FFísica II				
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					
19:30-20:00					

2º Doble Grado Matemáticas-Física 25-26

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO A Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Mecánica Clásica	Electrom I	Electrom I	Electrom I	Mecánica Clásica
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00	Termo	Termo	Termo	Mecánica Clásica	
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					

2º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO B (inglés) Aula 10

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Termo	Termo	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica	Termo
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00	Mecánica Clásica	Electrom I	Electrom I	Electrom I	
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO D Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					Termo
15:30-16:00					
16:00-16:30	Termo	Termo			
16:30-17:00			Mecánica Clásica	Electrom I	Mecánica Clásica
17:00-17:30	Mecánica Clásica	Electrom I			
17:30-18:00					
18:00-18:30			Electrom I		
18:30-19:00					
19:00-19:30					

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO A Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Optica	Optica		Optica	
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00	Física Cuánt. I	Física Cuánt. I			
11:00-11:30				Física Cuánt. I	
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO B Aula 19

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	Física Cuánt. I	Física Cuánt. I			Física Cuánt. I
9:30-10:00					
10:00-10:30					Optica
10:30-11:00	Optica	Optica			
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					

2º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO D Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00			Optica		Optica
15:00-15:30					
15:30-16:00				Física Cuánt. I	
16:00-16:30					
16:30-17:00		Física Cuánt. I			
17:00-17:30	Física Cuánt. I				
17:30-18:00		Optica			
18:00-18:30					
18:30-19:00					

clases en facultad de Matemáticas

3º Doble Grado Matemáticas/Física 25-26

1er SEMESTRE aula M3

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	F.Estad. A	F. Cuánt. II A	*LbF III (A) 3sem*	F. Cuánt. II A	
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00			F.Estad. A		
11:00-11:30	LbF II (E) 2sem (aula 11)			grupo A	*LbF II 15-16
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00	LbF II (C) 2sem (aula 10)				
15:00-15:30		LbF III (E15)	LbF III (E16)	LbF III (O8)	
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00	*LbF III (A) 3sem (aula 19)*				
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

1er SEMESTRE (inglés) aula 19

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30	F.Estad. B	grupo B	F.Estad. B	LbF III (B) 3sem (aula 9)	
9:30-10:00	F. Cuánt. II B	F.Estad. B			
10:00-10:30			F. Cuánt. II B	F. Cuánt. II B	*LbF II 15-16
10:30-11:00	LbF II (E) 2sem (aula 11)				
11:00-11:30			LbFIII (B) 3sem (aula 9)		
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00	LbF II (C) 2sem (aula 10)				
15:00-15:30		LbF III (E15)	LbF III (E16)	LbF III (O8)	
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30					
17:30-18:00					
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

1er SEMESTRE aulas...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00-9:30			*LbF III (A) 3sem (aula M3)*	LbF III (B) 3sem (aula 19)	
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30	LbF II (E) 2sem (aula 11)				*LbF II 15-16
11:30-12:00					
12:00-12:30			LbFIII (B) 3sem		
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00	LbF II (C) 2sem (aula 10)				
15:00-15:30		LbF III (E15)	grupo D F. Cuánt. II D (aula 19)	LbF III (O8)	F. Cuánt. II D (aula 19)
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00	*LbF III (A) 3sem (aula 19)*				
17:00-17:30					F.Estad. D (aul 19->M3)
17:30-18:00			F.Estad. D (aula 19)		
18:00-18:30					
18:30-19:00					
19:00-19:30					

Laboratorio de Física II tiene clases de teoría las 2 primeras semanas del semestre 1º y las 3 primeras del 2º. Laboratorio de Física III, las 3 primeras del 1º.

Lab Física III tiene una primera sesión de laboratorio al principio del semestre, ver guía docente completa

cambio pasadas 3 semanas

2o SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:30-9:00			LbF II (A) 2sem		
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	LbF II (E) 3sem	Electrom II (B-ingl) (2ºGrFis)	Estr. Mater. B(ingl) (3ºGrFis)	Electr II (B-ingl)	Estr. Mater. B(ingl)
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					LbF II (L15-16) (ver en ficha días y horas)
15:00-15:30		LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)			
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30	LbF II 1 sesión	LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)			
17:30-18:00					
18:00-18:30			LbF II (D) 2sem		
18:30-19:00					

Una única sesión el 1er lunes del semestre (Aula 6)

2o SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:30-9:00			LbF II (A) 2sem		
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30	Electrom II (A) (2ºGrFis)	LbF II (A) 3sem	Electrom II (A)	LbF II (C) 3sem	LbF II (B) 3sem
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00		LbF II (C) 2sem			
14:00-14:30					
14:30-15:00					LbF II (L15-16) (ver en ficha días y horas)
15:00-15:30	Electrom II (D)	Estr.Mater. D		Estr.Mater. D (3ºGrFis)	
15:30-16:00			Electrom II (D)		
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30	LbF II 1 sesión	LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)			
17:30-18:00					
18:00-18:30			LbF II (D) 2sem		
18:30-19:00					

Una única sesión el 1er lunes del semestre (Aula 6)

2o SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:30-9:00			LbF II (A) 2sem		
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30		LbF II (A) 3sem			
12:30-13:00					
13:00-13:30	Estr. Mater. E		(3ºGrFis)	LbF II (C) 3sem	
13:30-14:00		LbF II (C) 2sem	Estr. Mater. E		
14:00-14:30					
14:30-15:00					LbF II (L15-16) (ver en ficha días y horas)
15:00-15:30	Electrom II (D)	LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)			
15:30-16:00			Electrom II (D)		
16:00-16:30					
16:30-17:00					
17:00-17:30	LbF II 1 sesión	LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)			
17:30-18:00			(2ºGrFis)		
18:00-18:30					
18:30-19:00					

Una única sesión el 1er lunes del semestre (Aula 6)