Curso | 2021-2022

Guía Docente del Grado en Física

v4 (actualizada el 21-11-2021)

Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid

Los diversos **escenarios docentes** se describen en la ficha de cada asignatura.
La transición entre ellos se precisa en el **plan docente para el 2021-22**
que desarrolla el **Marco Estratégico de la UCM** para este curso
https://fisicas.ucm.es/escenarios-docentes .

Las aulas iniciales correspondían al escenario de docencia al 50%
(excepto primer curso al 100%), que es como comenzó el primer semestre.
Bastantes se modificaron al pasar a docencia 100% presencial.
Esta versión incluye los **cambios de aulas** para el segundo semestre.

Las correcciones de erratas y otras novedades se irán publicando
en primer lugar en las fichas individuales de cada asignatura
y en otros documentos que se pueden consultar en la página
https://fisicas.ucm.es/grado-en-fisica

La versión completa de la **Guía Docente del Grado en Física**
(aprobada la v1 en la Junta de Facultad del 30-06-2021)
es actualizada sólo algunas veces a lo largo del curso.

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

Tabla de contenido

Estructura del Plan de Estudios **7**

Distribución de asignaturas por cursos y semestres, módulos y materias *8*

Adquisición de competencias *13*

1. Fichas de las asignaturas de primer curso **15**

Fundamentos de Física I *16*

Matemáticas *20*

Química *24*

Laboratorio de Computación Científica *29*

Fundamentos de Física II *34*

Cálculo *39*

Álgebra *43*

Laboratorio de Física I *48*

2. English Files for First Year Subjects **53**

Physics Fundamentals I *54*

Mathematics *58*

Chemistry *61*

Scientific Computer Laboratory *65*

Physics Fundamentals II *69*

Calculus *73*

Algebra *77*

Physics Laboratory I *81*

3. Fichas de las asignaturas de segundo curso **85**

Mecánica Clásica *86*

Termodinámica *90*

Electromagnetismo I *94*

Métodos Matemáticos I *98*

Óptica *101*

Electromagnetismo II *105*

Física Cuántica I *109*

Métodos Matemáticos II *113*

Laboratorio de Física II *116*

4. English Files for Second Year Subjects **128**

Classical Mechanics *129*

Thermodynamics *132*

Electromagnetism I *136*

Mathematical Methods I *139*

Optics *142*
Electromagnetism II *145*
Quantum Physics I *148*
Mathematical Methods II *151*
Physics Laboratory II *154*

5. Fichas de las asignaturas de tercer curso 161

Física Cuántica II *162*
Física Estadística *166*
Laboratorio de Física III *169*
Astrofísica *176*
Física de Materiales *179*
Mecánica de Medios Continuos *182*
Física Computacional *185*
Historia de la Física *188*
Física del Estado Sólido *191*
Estructura de la Materia *194*
Termodinámica del No-Equilibrio *197*
Mecánica Cuántica *201*
Física de la Atmósfera *204*
Física de la Tierra *208*
Instrumentación Electrónica *212*
Estadística y Análisis de Datos *215*
Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial *219*

6. English Files for Third Year Subjects 222

Quantum Physics II *223*
Statistical Physics *226*
Physics Laboratory III *229*
Astrophysics *235*
Materials Physics *238*
Solid State Physics *241*
Structure of Matter *244*
Non-Equilibrium Thermodynamics *247*
Quantum Mechanics *250*
Physics of the Atmosphere *253*
Physics of the Earth *257*

7. Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Fundamental) 261

Física Atómica y Molecular *262*
Electrodinámica Clásica *267*

Astrofísica Estelar *270*
Astronomía Observacional *273*
Relatividad General y Gravitación *277*
Física Nuclear *280*
Interacción Radiación-Materia *284*
Mecánica Teórica *288*
Campos Cuánticos *291*
Simetrías y Grupos en Física *294*
Astrofísica Extragaláctica *297*
Cosmología *300*
Plasmas y Procesos Atómicos *303*
Partículas Elementales *306*
Física de la Materia Condensada *309*
Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos *312*
Coherencia Óptica y Láser *316*

8. Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Aplicada) 321

Fotónica *322*
Electrónica Física *326*
Sistemas Dinámicos y Realimentación *330*
Fenómenos de Transporte *334*
Electrónica Analógica y Digital *338*
Propiedades Físicas de los Materiales *341*
Métodos Experimentales en Física del Estado Sólido *344*
Fundamentos de Meteorología *347*
Geomagnetismo y Gravimetría *350*
Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica *354*
Dispositivos de Instrumentación Óptica *357*
Energía y Medio Ambiente *360*
Nanomateriales *364*
Física de Materiales Avanzados *367*
Bases Físicas del Cambio Climático *370*
Sismología y Estructura de la Tierra *374*
Geofísica y Meteorología Aplicadas *377*

9. English Files for Fourth Year Subjects 381

Atomic and Molecular Physics *382*
Classical Electrodynamics *386*
Photonics *389*

10. Prácticas/Tutorías y TFGs 393

Prácticas en Empresa / Tutorías.....394
Trabajo Fin de Grado.....398

11. Calendario Académico **401**

12. Cuadros Horarios del Grado en Física **403**

13. Horarios Doble Grado Matemáticas - Física **409**

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 Electrodinámica Clásica	Trabajo de Fin de Grado
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 Electrónica Física	Trabajo de Fin de Grado
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 didáticas, 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

			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	
código	Asignatura	curso																							
			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					Fisica
800491	Fundamentos de Física II	1	x	x	x				x				x		x	x	x			x					Fisica
800497	Laboratorio de Física I	1	x	x	x			x	x				x		x	x	x		x	x					Fisica
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	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 yde 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	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		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		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.

Fichas de las Asignaturas

A partir del curso 2018-19 la facultad ofrece un grupo completo de primer curso del Grado en Física con docencia en inglés. En el 2019-20 se sigue ofreciendo y además comienza a impartirse otro grupo completo en segundo curso. El 2020-21 se crean grupos en inglés para las asignaturas obligatorias de tercero. Y en el 2021-22 se amplía la oferta a casi todas las obligatorias de itinerario. El grupo en inglés de todos los cursos es el B (horarios de mañana).

En años sucesivos, la facultad hará todo lo posible por mantener los grupos con docencia en inglés, al menos en los primeros cursos.

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.

Además, la mayoría de las asignaturas recomiendan bibliografía en inglés y, en muchos casos, también enlaces a páginas web con información adicional en este idioma. Estas actividades o enlaces se marcan a veces en las fichas con los iconos:

1. Fichas de las asignaturas de primer curso

Grado en Física (curso 2021-22)

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	82.5	37.5	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 adquiridos de Matemáticas y Física en el Bachillerato.

Profesor/a coordinador/a	Carlos Díaz-Guerra Viejo		Dpto.	FM
	Despacho	111 2ª Pl.	e-mail	cdiazgue@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	L, M, J, V	9:00-10:30	Pedro Hidalgo Alcalde	Todo el semestre	82.5	T y P	FM
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	1	L M,J	11:30-13:30 11:00-13:00	Mª de los Ángeles Gómez Flechoso	Todo el semestre	82.5	T y P	FTA
D	1	L, M, X, J	15:00-16:30	Diego Córdoba Barba	Todo el semestre	41.25	T	FTA
				Rosa Mª González Barras	Todo el semestre	41.25	P	FTA
E	M3	L, M, X, J	14:30-16:00	Beatriz Seoane Bartolomé	1ª mitad del semestre	41.25	T y P	FT
				Prado Martín Moruno	2ª mitad del semestre	41.25	T y P	FT
F	2	M,J,V X	17:30-19:00 18:00-19:30	David Maestre Varea	Inicio del semestre	34.0	T y P	FM
				Nevenko Biskup	Hasta final del semestre	48.5	T y P	FM

T: teoría, P: practicas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Pedro Hidalgo Alcalde	L, X. 14:30-16:00 X, V. 11:00-12:30	phidalgo@ucm.es	D. 121, 2ª pl este
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Mª Ángeles Gómez Flechoso	M, J: 13.00h-14.30h Resto on line	magflechoso@ucm.es	D. 16, Pl. Baja Oeste
D	Diego Córdoba Barba	M y J: 11:00h-12:30h + 3 h. on line	dcordoba@fis.ucm.es	Despacho 119, 4ª pl. este
	Rosa Mª González Barras	M: 12.00h-13.00h V: 09:30h-11:30h Resto x Campus Virtual	barras@fis.ucm.es	D. 108,0, 4ª este
E	Beatriz Seoane Bartolomé	L, M, X, V: 12:00-13:30	beseoane@ucm.es	D. 5, 2ª pl. Oeste
	Prado Martín Moruno	M, J: 11:30-13:30 + 3 horas online	pradomm@ucm.es	12 3ª planta, oeste
F	David Maestre Varea	L, X. 10:00 - 13:00	davidmaestre@fis.ucm.es	D 112, 2ª pl. este
	Nevenko Biskup	V. 10:00-15:00	nbiskup@pdi.ucm.es	D 122, 3ª pl. este

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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Modalidad A. Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de las clases a distancia se utilizarán herramientas como Microsoft Teams (Moodle), Google Meet, etc., que permitan la participación de los estudiantes a distancia, junto con presentaciones de diapositivas, pizarra electrónica o pizarra tradicional retransmitida por cámara. Las clases y presentaciones se podrán grabar para su posterior incorporación al Campus Virtual.

Docencia en línea (Escenario 2)
Clases de teoría y problemas online síncronas. Si las condiciones de conectividad no lo permiten, se realizarían de forma asíncrona. Se proporcionarán videograbaciones y material de apoyo que estarán disponibles en el campus virtual para que los alumnos puedan consultarlos durante el curso. Además, se llevarán a cabo seminarios empleando herramientas como Microsoft Teams o Google Meet, donde avanzar en el temario de la asignatura, tratar las dudas de los alumnos y fomentar la interacción profesor-alumno. Todas las clases y sesiones se llevarán a cabo dentro del horario de clase de la asignatura y se grabarán para que estén a disposición de los alumnos en el Campus Virtual, siempre que así lo permitan las condiciones de conectividad y según los procedimientos arbitrados por la UCM.

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).

Para la realización de la parte de los exámenes, correspondientes a problemas se podrá consultar un solo libro de teoría, de libre elección por parte del alumno.

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 2021-22)

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

	Total	**Teoría**	**Prácticos**
Créditos ECTS	9	4	5
Horas presenciales	83.5	33.5	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	Cristina Martínez Pérez		**Dpto.**	EMFTEL
	Despacho	229. 3ª Planta Módulo Central	**e-mail**	crismp@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	L, M J, V	10:30-12:00	Francisco José Guil Guerrero	Todo el semestre	83.5	T y P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	1	L M X	09:30-11:30 09:00-11:00 11:00-13:00	África Castillo Morales	Todo el semestre	41.75	T	FTA
				Mariano Sastre Marugán	Todo el semestre	41.75	P	FTA
D	1	L, M X, J	16:30-18:00	Luis Martínez Alonso	Primera mitad del semestre	41.8	T y P	FT
				Mª Jesús Rodríguez Plaza	Segunda mitad del semestre	41.7	T y P	FT
E	M3	L, X M	17:00-19:00 16:00-18:00	Cristina Martínez Pérez	Todo el semestre	83.5	T y P	EMFTEL
F	2	M, X J, V	15:00-16:30	María Jesús Rodríguez Plaza	Todo el semestre	83.5	T y P	FT

T: teoría, P: practicas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco Jose Guil Guerrero	L, M, J: 12:00-13:00 + 3 horas no presenciales	fguil@fis.ucm.es	Despacho 25 2ª planta, oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	África Castillo Morales	J y V: 10.00h-12.00h Resto on line	acasmor@fis.ucm.es	Dpcho. 14, Pl. Baja Oeste
	Mariano Sastre Marugán	J y V: 10:00h-13:00h	msastrem@ucm.es	Dpcho. 224, 4ª Pl Central
D	Luis Martínez Alonso	L, M, J: 15:30–16:30 + 3 horas no presenciales	luism@fis.ucm.es	D. 32, 2ª pl. oeste
	María Jesús Rodríguez Plaza	M: 10:30-12:30, J: 12:30-14:30 V: 12:00-14:00	mjrplaza@fis.ucm.es	Despacho 20 3ª planta oeste
E	Cristina Martínez Pérez	J y V: 11:00-14:00	crismp@ucm.es	229. 3ª Planta Módulo Central
F	María Jesús Rodríguez Plaza	M: 10:30-12:30, J: 12:30-14:30 V: 12:00-14:00	mjrplaza@fis.ucm.es	Despacho 20 3ª planta oeste

* 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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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 primer examen parcial (sobre la primera mitad del programa). A finales de enero el segundo (sobre el resto). En febrero será el examen final. Todos serán básicamente de problemas parecidos a los hechos durante el curso. Se proporcionarán enunciados de exámenes de años anteriores.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Todos los grupos de la asignatura de Matemáticas (A,C,D,E,F), de acuerdo con el criterio de cada profesor de la asignatura, asumirán la modalidad semi-presencial A (la docencia del gupo B-INGLÉS se consignará en ficha docente separada complementaria): * Clases semi-presenciales de teoría y problemas, donde se explicaran los conceptos fundamentales de la asignatura ilustrados con ejemplos y aplicaciones. Se retransmitirá vía internet en directo el audio y la proyección de la pizarra utilizada, sea esta de tipo convencional (tiza), trasparencias o virtual. * Se proporcionará a los estudiantes hojas de problemas con antelación a su resolución en clase a través del Campus Virtual. * Las tutorías se desarrollaran presencialmente si las condiciones lo permiten y guardando las debidas medidas sanitarias, o a distancia mediante correo electrónico, videos o herramientas síncronas (Microsoft Teams, Google Meet, etc.). En el caso de tutorías en linea se realizaran dentro de los horarios establecidos por los profesores para las mismas.
Docencia en línea (Escenario 2)
Todos los grupos de la asignatura de Matemáticas (A-F), de acuerdo con el criterio de cada profesor de la asignatura, asumirán las siguientes pautas de docencia no-presencial (la docencia del grupo B-INGLÉS se consignará en ficha docente separada complementaria): * Clases teóricas y de problemas impartidas mediante vídeos colgados en el Campus Virtual o en streaming mediante el uso de herramientas en línea que se emitirán síncronamente en el horario de clase y quedarán a disposición de los alumnos en el campus virtual. * Se resolverán dudas por correo electrónico y a través de tutorías en línea en el horario correspondiente. * Se proporcionara material escrito y audiovisual para complementar las clases.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Habrá dos parciales, consistentes básicamente en la resolución de problemas similares a los del curso. Al menos un 60% de todos los exámenes será común a todos los grupos de la asignatura. Cada parcial se evaluará de 0 a 10. Se aprobará el curso por parciales aprobando ambos o con una media ≥5 y nota superior a 4 en el peor de ellos. Al examen final (de 3 horas y con problemas de toda la asignatura) se deberán presentar los no aprobados por curso. Los aprobados por curso se pueden presentar a subir nota. Si P_1 , P_2 son las notas de los parciales y F la del final (sobre 10), la nota E de exámenes será $E = \text{máx}\,(\,[P_1 + P_2]\,/\,2\,,\,F\,)$. En la convocatoria extraordinaria de julio el examen será similar al de febrero.		
Otras actividades	**Peso:**	30%
Gran parte de los puntos de este apartado se dará en algunos grupos por ejercicios hechos en el aula individualmente. En otros se valorará más la entrega (individual o en grupo) de problemas o trabajos realizados fuera del aula, o la asistencia a clase y tutorías, o la participación en otro tipo de actividades que se planteen. La nota final A de otras actividades será un número entre 0 y 10. Esta nota se tendrá en cuenta en la convocatoria extraordinaria julio.		
Calificación final		
Si E es la nota final de exámenes y A la nota final de otras actividades, la calificación final C_F , si $E \geq 4$, vendrá dada por la fórmula: $C_F = \text{máx}\,(\,0.3*A + 0.7*E\,,\,E\,)$ [Si $E < 4$ y $C_F \geq 5$, la nota en actas será 4.5]. La calificación final de la convocatoria extraordinaria julio se obtendrá utilizando la misma fórmula.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	55	25	30

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	T/P	Dpto.
A	**2**	M J, V	12:00 – 13:30 12:00 – 13:00	Jesús Fernández Castillo	42	T/P	QF
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**						
C	**1**	X J	9:00 – 10:30 9:30 – 10:30	Eduardo Guzmán Solís	42	T/P	QF
D	**1**	L M, J	18:00 – 19:30 18:00 – 19:00	Fernando Acción Salas	42	T/P	QF
E	**M3**	L,X J	16:00 – 17:00 16:00 – 17:30	Sonia Marggi Poullain	42	T/P	QF
F	**2**	X J, V	16:30 – 18:00 16:30 – 17:30	Cristina Díaz Blanco	42	T/P	QF

T: teoría, P: prácticas o problemas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Jesús Fernández Castillo	L,J: 15:00-17:30	jfernand@ucm.es	QA241
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Eduardo Guzmán Solís	M,J: 15.00-17.00	eguzmans@ucm.es	QB212C
D	Fernando Acción Salas	L,X: 10:30-13:30	faccion@ucm.es	QA-513
E	Sonia Marggi Poullain	L,J: 10:00-12:00	smarggi@ucm.es	QA247B
F	Cristina Díaz Blanco	X,J,V: 13:30-14:30	crdiaz08@ucm.es	QA-508

PROFESORES DE LABORATORIO POR GRUPOS	
Grupos de Mañana	
PANDO Gª-PUMARINO, Concepción	pando@quim.ucm.es
DÍAZ BLANCO, Cristina	crdiaz08@ucm.es
LÓPEZ MONTERO, Iván	ivanlopez@ucm.es
GUZMÁN SOLÍS, Eduardo	eguzmans@ucm.es
SANZ VICARIO, Jose Luis	josanz11@ucm.es
OMISTE ROMERO, Juan Jose	jomiste@ucm.es
VEGA DE LAS HERAS, Carlos	cvega@ucm.es
Grupos de Tarde	
VEGA DE LAS HERAS, Carlos	cvega@ucm.es
MONTERO CATALINA, Carlos	camont07@ucm.es
GÁMEZ MÁRQUEZ, Francisco	fgammar@gmail.com
ENCISO RODRÍGUEZ, Eduardo	enciso@ucm.es
BORRELL GRUEIRO, Olivia	oborrell@ucm.es
SANCHEZ ARRIBAS, Natalia	natsanch@ucm.es
PAZOS DON PEDRO, Manuel	manuelpdp@gmail.com
RUIZ SALDAÑA, Helga Karina	helgakar@ucm.es

Nº sesiones: 4				
turno (plazas)	**Días**	**turno (plazas)**	**Días**	**Horas**
D1 (20)	Oct: 7, 8, 14, 15	**E2 (20)**	Nov: 5, 12, 19, 26	M:9:30 – 12:30
D2 (20)	Nov: 4, 11, 18, 25	**F1 (20)**	Oct: 4, 6, 13, 18	
E1 (20)	Nov: 3, 10, 17, 24	**F2 (20)**	Nov: 2, 16, 23, 30	
A1 (20)	Oct: 5, 8, 15, 19	**B2 (20)**	Nov: 2, 16, 23, 30	T:15:00 – 18:00
A2 (20)	Nov: 3, 10, 17, 24	**C1 (20)**	Nov: 4, 11, 18, 25	
B1 (20)	Oct: 4, 6, 13, 18	**C2 (20)**	Nov: 5, 12, 19, 26	
NP	No presencial			

Los alumnos que repitan la asignatura y hayan aprobado previamente el laboratorio, deben elegir el grupo NP (no presencial: se mantiene la calificación con la que se haya aprobado el laboratorio) salvo que justifiquen la necesidad de repetir el laboratorio.
Los alumnos que soliciten la convalidación de los créditos de la asignatura de Química, deben elegir turnos que comienzan en noviembre (turnos D2, E1, E2, F2 de mañana y A2, B2, C1, C2 de tarde).

Fechas de exámenes	
Examen parcial	https://fisicas.ucm.es/guias-examen
Examen de laboratorio (Fechas aproximadas)	La convocatoria se anunciará en tiempo y forma.
Examen final	https://fisicas.ucm.es/guias-examen

Programa de la asignatura	Sem*
1. **Estequiometría**. Masas atómicas. Mol y volumen molar. Constante de Avogadro. Estequiometría. Determinación de fórmulas químicas y del reactivo limitante. Cálculo de concentraciones. Los gases en las reacciones químicas.	1.0
2. **Fundamentos del equilibrio químico**. Entalpía: ley de Hess,. Espontaneidad. Equilibrio químico. Modificación de las condiciones de equilibrio: principio de Le Châtelier. Relación entre energía Gibbs y constante de equilibrio. Variación de la constante de equilibrio con la temperatura.	2.0
3. **Equilibrio ácido-base.** Concepto de ácidos y bases. Escala de pH Fuerza de ácidos y bases. Hidrólisis. Disoluciones reguladoras. Indicadores ácido-base. Valoraciones.	2.0
4. **Equilibrio de solubilidad.** Solubilidad y precipitación. Constante de producto de solubilidad. Efecto del ion común. Precipitación fraccionada. Disolución de precipitados.	1.0
5. **Electroquímica.** Procesos 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. Baterías. Corrosión. Electrólisis.	2.0
6. **Cinética química**. Velocidad de reacción: factores que la modifican. Órdenes de reacción y molecularidad. Ecuaciones integradas de velocidad. Ecuación de Arrhenius. Mecanismos de reacción	2.0
7. **Estructura atómica.** Números cuánticos y orbitales atómicos. Configuración electrónica. La tabla periódica. Propiedades periódicas.	1.0
8. **Enlace químico.** Tipos de enlace. Enlace covalente. Modelo de Lewis (RPECV). Polaridad de los enlaces. Electronegatividad. Resonancia. Introducción al 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
9. **Química orgánica.** Compuestos orgánicos y sus estructuras. Hidrocarburos. Nomenclatura. Diferentes 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
5. Examen (1 hora)	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

Docencia presencia 100% (Escenario 0)

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 alumnos y la nota obtenida entrará en la evaluación final.
- Laboratorio: Se realizarán los experimentos señalados en el guión de prácticas (campus virtual) y cada alumno recogerá sus resultados en la memoria de prácticas (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 alumnos a través de Internet, en particular en el Campus Virtual (CV).

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Clases grabadas: los/las estudiantes prepararan los temas usando el material que el/la docente pondrá a su disposición en el Campus Virtual. Este material incluirá vídeos explicativos de cada tema.

- Clases presenciales: estas clases se dedicarán a la resolución de dudas, relativas a las clases grabadas, resolución de problemas y clases prácticas. Cada subgrupo rotará semanalmente y las sesiones presenciales se repetirán para cada uno de ellos.

- Clases de laboratorio: serán presenciales, en ellas se realizarán los experimentos señalados en el guión de prácticas (campus virtual) y cada alumno/alumna recogerá sus resultados en la memoria de prácticas (campus virtual). La memoria de prácticas se entregará el día del examen de laboratorio

Docencia en línea (Escenario 2)
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: - Clases grabadas: Los/las estudiantes prepararan los temas usando el material que el/la docente pondrá a su disposición en el Campus Virtual. Este material incluirá vídeos explicativos de cada tema. - Clases en línea: se usaran las herramientas (MS Teams, Google Meets, etc) que la UCM pone a disposición de la comunidad universitaria. Estas clases se dedicarán a la resolución de dudas, relativas a las clases grabadas, resolución de problemas y clases prácticas. Las clases serán grabadas y las grabaciones estarán disponibles en el Campus Virtual. - Clases de laboratorio: serán virtuales. En ellas se realizarán los ejercicios señalados en el guión de prácticas (campus virtual) usando el material puesto a disposición de los/las estudiantes por el/l docente.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Un primer examen parcial compensatorio (NOTA ≥ 4) y un segundo examen parcial o, alternativamente, un examen final. Cada examen constará de una parte teórica (70%) y una parte de problemas (30%) que valore la capacidad de aplicación de los conceptos fundamentales a problemas reales 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.		
Otras actividades	**Peso:**	30%
• Participación activa en actividades en clase como resolución de problemas, presentación de trabajos, etc. (10%) • Prácticas de laboratorio (20%). Una vez realizadas las sesiones presenciales de laboratorio, habrá un examen de una hora en el que se contestarán casos prácticos. El alumno dispondrá, durante el examen, del guión y su memoria de prácticas con sus resultados experimentales. La nota de laboratorio será la media entre la nota de este examen, la valoración de la memoria de prácticas y las calificaciones presenciales del laboratorio.		
Calificación final		
La calificación final será la máxima de la obtenida como suma de las calificaciones parciales de cada uno de los apartados anteriores, ponderada por el coeficiente indicado en cada caso, y la obtenida únicamente con la calificación de los exámenes, ponderada al 80%, y el laboratorio, ponderado al 20%. Para aplicar los criterios de evaluación es necesario una nota mínima en cada uno de los exámenes de 4 y tener aprobadas las prácticas de laboratorio (La nota de laboratorio se guarda dos cursos).		
CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA DE JUNIO-JULIO		
Se realizará un examen de contenidos que incluya los conceptos explicados en las clases teóricas. Este examen tendrá un valor del 80% de la calificación final, el 20% restante corresponderá a la nota de laboratorio. Se realizará un examen extraordinario de Laboratorio para los alumnos que hayan realizado prácticas pero figuran suspensas.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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.

Profesoras coordinadoras	María Guijarro Mata-García		Dpto.	ACyA
	Despacho	233c, 2º planta	e-mail	mguijarro@ucm.es
	Teresa Losada Doval		Dpto.	FTA
	Despacho	107, 4ª planta	e-mail	tlosadad@ucm.es

Clases de Teoría - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Horas	Dpto.
A	2	L	12:00-13:00	Blanca Ayarzagüena	10	FTA
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)					
C	1	J	13:00-14:00	Teresa Losada Doval	10	FTA
D	1	X	18:00-19:00	María Guijarro Mata-García	10	ACyA
E	M3	M	13:30-14:30	Lía García Pérez	10	ACyA
F	2	M	16:30-17:30	Marta Martín del Rey	10	FTA

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado				
Grupo	**Profesor**	**Horarios**	**e-mail**	**Despacho**
A	Blanca Ayarzagüena	M 16:00-19:00 h J, V: 13:00-14:30 h	bayarzag@ucm.es	233. 4ºplanta
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Teresa Losada Doval	L 14:30-16:00 h X 10:15-11:45 h	tldoval@fis.ucm.es	107. 4ª planta este
D	María Guijarro Mata-García	X 14:00-18:00 h	mguijarro@ucm.es	233c. 2ª planta.
E	Lía García Pérez	M 14:30-15:30 h X 11:30-12:30 h J 9:30-11:30 h	liagar05@ucm.es	225. 2ª planta
F	Marta Martín del Rey	J 10:00-13:00 h	martam01@ucm.es	203. 4ª planta

Horarios de Laboratorios			Nº sesiones:	24
Grupo	**Aula Inf.**	**Dia - Horas**	**Observaciones**	
LA1	M2	L 14:00-16:00 X 10:00-12:00	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	M2			
LB1	**ESTOS GRUPOS SE IMPARTEN EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
LB2				
LC1	M2	M 14:00-16:00 V 12:00-14:00		
LC2	M2			
LD1	M2	L 10:00-12:00 X 12:00-14:00		
LD2	M2			
LE1	M2	M 10:00-12:00 J 11:30-13:30		
LE2	M2			
LF1	M2	M 12:00-14:00 V 10:00-12:00		
LF2	M2			

GRUPOS DE LABORATORIO					
Grupo	**Aula Inf.**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**	**e-mail**
LA1	M2	Blanca Ayarzagüena	60	FTA	bayarzag@ucm.es
LA2	M2	Mariano Sastre Marugán	60	FTA	msastrem@ucm.es
LA1-2	M2	Ana Negredo Moreno	30	FTA	anegredo@fis.ucm.es
LB1	**ESTOS GRUPOS SE IMPARTEN EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**				
LB2					
LC1	M2	Teresa Losada Doval	60	FTA	tldoval@fis.ucm.es
LC2	M2	Gregorio Maqueda Burgos	60	FTA	gmaqueda@ucm.es
LC1-2	M2	Samuel Benito Barca	30	FTA	samubeni@ucm.es
LD1	M2	María Guijarro Mata-García	60	ACyA	mguijarro@ucm.es
LD2	M2	Joaquín Recas Piorno	60	ACyA	recas@ucm.es
LD1-2	M2	Luis Durán Montejano	30	FTA	luduran@ucm.es
LE1	M2	Lía García Pérez	60	ACyA	liagar05@ucm.es
LE2	M2	Héctor García de Marina	60	ACyA	hgarciad@ucm.es
LE1-2	M2	Encarna Serrano Mendoza	30	FTA	eserrano@ucm.es
LF1	M2	Marta Martín del Rey	60	FTA	martam01@ucm.es
LF2	M2	Rosa M González Barras	60	FTA	barras@fis.ucm.es
LF1-2	M2	Íñigo Gomara Cardalliaguet	30	FTA	i.gomara@ucm.es

Programa teórico de la asignatura

Tema 1: Introducción a la computación científica — 1 hora
- Partes fundamentales de un computador
- Niveles de descripción de un computador: hardware y software
- Introducción al software científico

Tema 2: Aritmética de un computador — 2 horas
- Representación numérica: enteros y reales
- Errores en la aritmética de un computador

Tema 3: Raíces de una función — 2 horas
- Fundamentos de los métodos iterativos
- Convergencia
- Inestabilidad numérica
- Métodos locales para el cálculo de raíces

Tema 4: Sistemas de ecuaciones lineales — 2 horas
- Métodos directos
- Métodos iterativos

Tema 5: Ajuste e interpolación de datos — 2 horas
- Fundamentos de ajuste e interpolación
- Métodos globales de interpolación
- Métodos locales de interpolación
- Ajuste por mínimos cuadrados

Tema 6: Diferenciación e integración — 1 hora
- Diferenciación numérica por diferencias finitas
- Integración numérica

Programa de laboratorio	Sesiones
Práctica 1: Introducción a Matlab ● Entorno de programación ● Funciones internas ● Variables y operadores ● Bucles y condicionales ● Creación de funciones y scripts ● Representación gráfica	8-10
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	3-4
Práctica 6: Cálculo simbólico	1-2

Bibliografía básica

Básica

- Jiménez, J. (2014). *Laboratorio de Computación Científica,* e-prints-UCM. https://eprints.ucm.es/21710/
- John H. Mathews, Kurtis D. Fink (2005). *Métodos numéricos con Matlab.* Prentice Hall.
- Kincaid, D. y Cheney, W. (1994). *Análisis numérico*. Ed. Addison-Wesley.

Complementaria

- Stormy Attaway, (2009). Matlab: A practical introduction to programming and problem solving. Ed Butterwrth-Heinemann (Elsevier)
- Dianne P. O'Leary, (2009). Scientific Computing with case studies. Ed. SIAM

Recursos en internet

Asignatura en el CAMPUS VIRTUAL.

Los alumnos podrán descargar la versión más actualizada de Matlab en sus propios ordenadores utilizando la licencia para estudiantes de la UCM (https://ssii.ucm.es/matlab-1)

Metodología

Docencia presencial 100% (escenario 0)

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 problemas y aplicaciones que posteriormente se desarrollarán más en detalle en el laboratorio.

- Clases de laboratorio: Consistirán en la realización de prácticas dirigidas. Cada tema de laboratorio consta de una o más sesiones prácticas. 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 sesión práctica 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.

En las clases de laboratorio cada alumno dispondrá de un ordenador para la realización de sus prácticas de manera individual. Los alumnos podrán acudir a sesiones de tutoría en los horarios establecidos.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

El profesor de cada grupo pondrá a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual material para seguir las clases teóricas, incluidos videos con explicaciones de cada tema. La docencia semipresencial se dedicará a resolución de dudas y a explicaciones de aplicaciones prácticas con Matlab para cada subgrupo. La metodología a seguir será la misma para todos los grupos de la asignatura.

Docencia en línea (Escenario 2)

El profesor de cada grupo pondrá a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual material para seguir las clases teóricas, incluidos videos con explicaciones de cada tema. Las sesiones de resolución de dudas y explicaciones prácticas con Matlab se realizarán a través de las herramientas Google Meet/Teams del campus virtual y/o por medio de tutorías on-line individuales o por grupos. La metodología a seguir será la misma que para todos los grupos de la asignatura.

Evaluación

Realización de exámenes	**Peso:**	40%

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

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

La calificación mínima de corte será de 3.0 en los exámenes de ambas convocatorias. Si se supera se ponderará el examen y las prácticas.

Prácticas de laboratorio	**Peso:**	60%

Se calificarán los resultados obtenidos de la realización de las prácticas de laboratorio mediante la realización de tests o pruebas en horario de clase.

Estos tests se realizarán a través de la aplicación de cuestionarios del Campus Virtual, con lo que un posible paso a docencia on-line no modificaría el método de realización de los mismos.

La asistencia a las sesiones de prácticas, la entrega de los informes de las prácticas y la realización de los tests/pruebas en las clases prácticas son imprescindibles para poder aprobar la asignatura.

Calificación final

Convocatoria ordinaria:

Calificación del examen: 40% de la calificación final de la asignatura, si se supera la calificación mínima de corte en el examen de cada convocatoria.

Calificación de laboratorio: 60% de la calificación final de la asignatura, si se supera la calificación mínima de corte en el examen de cada convocatoria.

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 de examen final contará el 100%.

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

La calificación de trabajos opcionales realizados por los alumnos previo acuerdo con el profesor, servirá para subir nota de acuerdo con los criterios fijados por cada profesor.

Grado en Física (curso 2021-22)

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	82,5	33.5	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	Amparo Izquierdo Gil y Blanca Ayarzagüena Porras	Dpto.	EMFTEL y FTA
	Despacho: D. 109, 1ª pl. Mód. Este D. 223, 4ª pl. Central	e-mail	amparo@fis.ucm.es bayarzag@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	6	L,M,X J	09:00-10:30 11:00-12:30	Carlos Ordóñez García	24-01-22 a 09-03-22	41.25	T y P	FTA
				Blanca Ayarzagüena Porras	10-03-22 a 09-05-22	41.25	T y P	
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	3	M J V	12:00-14:00 11:00-13:00 09:00-11:00	Zouhair Sefrioui	25-01-22 a 11-03-22	41.5	T y P	FM
				Rainer Schmidt	17-03-22 a 10-05-22	41	T y P	FM
D	2	L M,J X	14:30-16:00 15:00-16:30 15:30-17:00	Emilio Nogales Díaz	Todo el semestre	82.5	T y P	FM
E	6	L,M,X J	14:30-16:00	Mª Amparo Izquierdo Gil	Todo el semestre	82.5	T y P	EMFTEL
F	M3	M,X J V	16:30-18:00 14:30-16:00 17:00-18:30	César González Pascual	25-01-2022 hasta 16-03-2022 y 05-04-2022 hasta 10-05-2022	67.5	T y P	FM
				Juan Ignacio Beltrán Fínez	17-03-22 a 01-04-22	15	T y P	

T: teoría, P: practicas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Carlos Ordóñez García	M, X: 14:30h-16:00h	carlordo@ucm.es	D. 8, Pl. Baja Oeste
	Blanca Ayarzagüena Porras	M;16.00h-19.00h J y V: 13.00h-14.30h	bayarzag@ucm.es	D. 233, central 4ª planta
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Zouhair Sefrioui	M. 13:00- 15:00	sefrioui@fis.ucm.es	D. 116, 3ª planta
	Rainer Schmidt	M, J. 10:00-11:00 V. 11:00-12:00	rainer.schmidt@fis.ucm.es	121 (3ªplanta)
D	Emilio Nogales Díaz	X, J, V. 11:00-13:00	enogales@ucm.es	D. 211, 2ª planta
E	M. Amparo Izquierdo Gil	M y J: 11:30-13:00 (3h no presenciales)	amparo@ucm.es	D. 109, 1ª planta Módulo Este
F	César González Pascual	M, X, J 11:00-13:00	cesar.gonzalez@ucm.es	D. 103, 2ª pl. Este
	Juan Ignacio Beltrán Fínez	X, J. 12:00-14:00 +3h On line	juanbelt@ucm.es	Despacho 3 (3ª planta central)

* 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 tentativas:

17 de febrero - Seminario 1, tema por determinar

3 de marzo - Seminario 2, tema por determinar

17 de marzo - Seminario 3, tema por determinar

7 de abril - Seminario 4, tema por determinar

28 de abril - Seminario 5, tema por determinar

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

Horarios: 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.

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
-Grupos A, C, D, E y F. Modalidad A: Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes, que rotará semanalmente. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia con herramientas como Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar. Para el seguimiento de la clase se emplearán diversas herramientas que faciliten, además, la interacción del subgrupo de alumnos que deba seguir la clase a distancia. Las clases se grabarán y quedarán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.
Docencia en línea (Escenario 2)
METODOLOGÍA: Se realizará docencia a distancia. Esta docencia incluye dos tipos de actividades: a) material de apoyo a disposición del alumnado en el Campus Virtual, incluidas sesiones explicativas grabadas con antelación y b) sesiones con telepresencia de los estudiantes. Este tipo de sesiones con telepresencia pueden ser empleadas como clases explicativas o como sesiones de Tutorías para resolver dudas de los estudiantes. Las sesiones con telepresencia se realizarán durante el horario oficial de la asignatura. El número de horas de telepresencia semanal será inferior al número de horas de clase presencial asignadas a la asignatura. Las sesiones con telepresencia serán programadas e informadas con la suficiente antelación.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	75%

Se realizará un examen parcial a mitad del cuatrimestre. Este examen será eliminatorio de materia para aquellos alumnos que obtengan un 5 o una nota superior (sobre 10).

Además, se realizará un examen final.

- Los alumnos con menos de un 5 en el examen parcial, habrán de realizar un examen final que abarcará contenidos explicados a lo largo de toda la asignatura.
- El resto de los alumnos disponen de dos opciones:
  a) Realizar un examen que abarca sólo los contenidos explicados en la segunda parte de la asignatura, en la misma fecha y hora en la que se realiza el examen final. En este caso, la calificación final será la media de la nota obtenida en el parcial y en este examen, siempre que la nota de este segundo examen sea mayor o igual que 4.
  b) Realizar el examen final. La calificación final será la obtenida en este examen.

En la convocatoria de extraordinaria julio se realizará un único examen final

Para poder hacer media con la evaluación continua, se exigirá que la calificación, en este apartado, sea como mínimo de 5 sobre 10.

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.

Calificación final

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

$$F = 0.25\,A + 0.75\,E \qquad F = E$$

donde A es la calificación correspondiente a “Otras actividades” y E es la calificación obtenida en los “Exámenes” (ambas sobre 10).

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

Grado en Física (curso 2021-22)

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	67.5	37.5	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

Es imprescindible poseer conocimientos de cálculo diferencial e integral de funciones reales de una variable. El alumno debe comprender el significado y ser capaz de calcular límites, derivadas e integrales de funciones reales de una variable, así como debe poseer la capacidad de obtener sus desarrollos de Taylor y caracterizar sus extremos.

Profesor/a coordinador/a	Miguel Ángel Rodríguez González		**Dpto.**	FT
	Despacho	27	**e-mail**	rodrigue@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	6	L M,X	12:00-14:00 12:00-13:30	Juan Ramírez Mittelbrunn	Todo el semestre	46.5	T/P	FT
				Alexandre Salas B.	Todo el semestre	21	P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	3	L M V	10:00-11:30 10:00-12:00 11:00-12:30	Miguel Ángel Rodríguez González	Todo el semestre	57.5	T/P	FT
				A determinar	Todo el semestre	10	P	FT
D	2	L M,J	17:30-19:30 18:00-19:30	Juan Ramírez Mittelbrunn	Todo el semestre	46.5	T/P	FT
				A determinar	Todo el semestre	21	P	FT
E	6	M,X J	17:30-19:00 16:00-18:00	Miguel Ángel Rodríguez González	Todo el semestre	57.5	T/P	FT
				A determinar	Todo el semestre	10	P	FT
F	M3	M J V	15:00-16:30 16:00-17:30 15:00-17:00	María Cristina Martínez Pérez	Todo el semestre	67.5	T/P	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Juan Ramírez Mittelbrunn	L, M, X: 10:00-12:00	juanrami@fis.ucm.es	Despacho 7 3ª pl. oeste
	Alexandre Salas Bernárdez	M: 15:00-18:00	alexsala@ucm.es	Despacho 2 3ª planta, oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C y E	Miguel Ángel Rodríguez González	L, M, X, J: 12:00-13:00 M, X: 16:00-17:30	rodrigue@fis.ucm.es	Despacho 27 2ª planta, oeste
	A determinar			
D	Juan Ramírez Mittelbrunn	L, M, X: 10:00-12:00	juanrami@fis.ucm.es	Despacho 7 3ª pl. oeste
	A determinar			
F	Cristina Martínez Pérez	L: 11:00-14:00 X:12:00-13:00	crismp@ucm.es	229. 3ª Planta Módulo Central

* 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.
- **Integrales dobles y triples.**
  - Integral doble sobre un rectángulo. Integrabilidad.
  - Integral doble sobre recintos más generales.
  - Integrales triples.
  - Funciones de $\mathbf{R}^2$ a $\mathbf{R}^2$. Cambio de variables.
- **Funciones con valores vectoriales.**
  - Trayectorias, velocidad, aceleración.
  - Campos vectoriales. Divergencia y rotacional.
  - Cálculo Diferencial Vectorial.
- **Integrales sobre curvas y superficies.**
  - Integral de una función (escalar o vectorial) sobre una curva.
  - Longitud de arco.
  - 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

1. J.E.Marsden y A.J.Tromba, *Cálculo Vectorial* (5ª ed), Ed.Prentice Hall, 2007.
2. R.Larson, R.P.Hostetler y B.H.Edwards, *Cálculo II* (7ª ed), Ed. Pirámide, 2003.

Recursos en Internet
Campus Virtual. Si fuera necesario se utilizarían servicios de alojamiento en la nube como Google Drive o Dropbox y sistemas de videoconferencias como Google Meet o de clases virtuales como Microsoft Teams.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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) Las clases se impartirán usando 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. 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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Grupos A,B,D: Se utilizará la Modalidad B (aprobado por la Junta de Facultad de 26 de junio de 2020): El profesor o profesora pondrá a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual material para seguir las clases teóricas, que deberá incluir explicaciones de cada tema grabadas con antelación o emitidas de forma síncrona. Este material tendrá que ser tal que garantice la misma adquisición de competencias que las clases teóricas presenciales. La docencia presencial en esta modalidad se dedicará a resolución de problemas, clases prácticas, etc, para cada subgrupo. La razón para elegir la opción B en el modo semipresencial, es que con esta metodología es mas fácil pasar al modo en línea en caso de un recrudecimiento de la pandemia, además de ser un método más flexible. Con esta opción se aprovecha más el tiempo de interacción con los alumnos para la parte más necesaria (problemas y dudas). Grupos C,E,F: Se utilizará la Modalidad A (aprobado por la Junta de Facultad de 26 de junio de 2020): El profesor o profesora impartirá las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se deberá utilizar la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. Se recomienda que las clases queden grabadas y las grabaciones y presentaciones se pongan a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual. El centro proveerá el equipamiento necesario para el profesorado que no disponga del mismo. Se ha considerado que esta opción permite la interacción con los alumnos en clase y la resolución de dudas en directo. Por otra parte, no separa de forma completa las clases de teoría y problemas, lo que en algunas situaciones puede ser más adecuado. Si las circunstancias lo requieren se adaptarán las clases al modo en línea. La elección de la opción A o B en cada grupo corresponde por una parte a diferentes puntos de vista sobre la adaptación de la enseñanza al modo semipresencial y por otra, a la distinta estructura de estos grupos (en los que hay uno (C,E,F) o dos profesores (A,B,D) por grupo, teoría+problemas).

Docencia en línea (Escenario 2)
El profesor o profesora pondrá a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual material para seguir las clases teóricas, que deberá incluir explicaciones de cada tema grabadas con antelación o emitidas de forma síncrona. Este material tendrá que ser tal que garantice la misma adquisición de competencias que las clases teóricas presenciales. Se pondrá material docente a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual, Google Drive o Dropbox. Se utilizarán herramientas para comunicación colectiva en directo como Microsoft Teams y Google Meet. Se fomentará el uso de los foros del Campus Virtual para que las preguntas de los alumnos y posteriores respuestas sean aprovechadas por el resto de los alumnos. Se intensificarán las tutorías mediante correo electrónico.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	75%
Se realizará un examen parcial, aproximadamente a mediados del semestre, y un examen final. Los contenidos evaluados en el examen parcial serán objeto de evaluación también en el examen final, independientemente de la calificación que el alumno haya obtenido en el parcial. Será obligatorio obtener una calificación mayor o igual que 4 sobre 10 en el examen final para aprobar el curso. Si la calificación obtenida en el examen parcial es P, y la obtenida en el examen final es F, ambas en una escala de 0-10, la nota de exámenes E se obtiene aplicando la siguiente fórmula: E=máx(F, 0.4*P+0.6*F)		
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.		
Calificación final		
La calificación final CF obtenida por el alumno se calcula aplicando la siguiente fórmula: CF=máx(E, 0.75*E+0.25*A), siendo E la nota de exámenes antes especificada, y A la calificación correspondiente a otras actividades en escala de 0-10. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	67.5	37.5	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	Francisco Guil Guerrero		Dpto.	FT
	Despacho	D 25 2ª pl. Oeste	e-mail	fguil@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	6	L. X J	10:30-12:00 9:00-11:00	Francisco Guil Guerrero	Todo el semestre	67.5	T y P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	3	L J V	11:30-13:30 9:30-11:00 12:30-14:00	Felipe Llanes Estrada	Todo el semestre	67,5	T y P	FT
D	2	L M X	16:00-17:30 16:30-18:00 17:00-19:00	Piergiulio Tempesta	1ª parte	33.8	T y P	FT
				Felipe Llanes Estrada	2ª parte	33.7	T y P	FT
E	6	L M,X	16:00-18:00 16:00-17:30	Antonio Muñoz Sudupe	Todo el semestre	57.5	T y P	FT
				Adrián Casado Turrión	Todo el semestre	10	P	FT
F	M3	M, X J	18:00-19:30 17:30-19:30	Mercedes Martín Benito	Todo el semestre	67.5	T y P	FT

T: teoría, P: practicas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco Guil Guerrero	L, X: 12:00-13:00 J: 11:00-12:00 + 3 horas no presenciales	fguil@fis.ucm.es	D 25 2ª pl. Oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Felipe Llanes Estrada	M: 13:30-16:30 J: 11:00-14:00	fllanes@fis.ucm.es	D 24 3ª pl. oeste
D	Piergiulio Tempesta	L: 14:00-16:00 online Presenciales: X: 12:00-14:00 y V: 12:00-13:00, 14:00-15:00	p.tempesta@fis.ucm.es	D 30 2ª pl. oeste
	Felipe Llanes Estrada	M: 13:30-16:30 J: 11:00-14:00	fllanes@fis.ucm.es	D 24 3ª pl. oeste
E	Antonio Muñoz Sudupe	M: 12:00-13:30, X: 16:30-18:00 + 3 horas online	sudupe@fis.ucm.es	D 5 3ª pl, oeste
	Adrián Casado Turrión	X: 14:00-15:00 online J: 16:30-18:30 presencial	adricasa@ucm.es	D 1 2ª pl, oeste
F	Mercedes Martin Benito	L: 14:30-16:30, M: 14:00-16:00 J: 12:00-14:00	m.martin.benito@ucm.es	D 13, 2ª pl. oeste

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 CUADRATICAS

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Los grupos A, C, D y F de la asignatura optarán preferentemente por la modalidad A de enseñanza habitual. Para ello se emplearán en clase recursos tecnológicos que permitan la grabación de la misma, bien sea con cámara, o mediante pizarra electrónica o tableta cuya imagen se pueda proyectar y a la vez emitir telemáticamente, o ambos recursos. De este modo los alumnos que no puedan estar presencialmente en el aula, podrán atender la clase en directo, si es posible, o en diferido. No obstante estos grupos no descartan poder transitar a la modalidad B de pegadogía inversa, y destinar las clases presenciales a la resolución de problemas y dudas, si de acuerdo a la dinámica de la clase se llega a considerar como opción más conveniente. En dicho caso, se colgará en el Campus Virtual el material necesario para adquirir los conocimientos teóricos de la asignatura, esto es grabaciones explicativas de los contenidos, apoyadas en los apuntes de clase o bibliografía adecuada. El grupo E adoptará esta modalidad B de pedagogía inversa.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se pondrá material de apoyo a disposición del alumnado a través de Campus Virtual, como clases síncronas o grabadas con antelación y/o apuntes de clase. Se impartirán sesiones online con los estudiantes. Para ello se utilizarán herramientas como Google Meet o Microsoft Teams, de acuerdo con el criterio de cada profesor de la asignatura.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	80%
Se realizará un examen parcial, aproximadamente a mediados del semestre, y un examen final. Será obligatorio obtener una calificación mayor o igual que 4.5 sobre 10 en el examen final para aprobar el curso. Examen parcial: - Versará sobre los contenidos explicados hasta esa fecha y su estructura será similar a la del examen final. - La calificación máxima 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. El examen final será común a todos los grupos en al menos un 60%.		

Otras actividades	Peso:	20%
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. Cada una de ellas se puntuará de 0 a 10. Para que puedan ser evaluadas, la participación en actividades de evaluación continua debe alcanzar un porcentaje mínimo de las mismas. El porcentaje mínimo requerido en cada grupo será indicado por los profesores correspondientes al inicio del curso.		
Calificación final		
La calificación final (tanto en la convocatoria de junio como en la extraordinaria de julio) se obtendrá como el máximo entre la calificación del examen final y la suma ponderada de los dos apartados anteriores con los pesos especificados.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	67	12	55

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	José Luis Contreras González		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	217	e-mail	jlcontreras@fis.ucm.es

Horarios y profesorado de Teoría 2021/22				Nº Sesiones	8
Grupo	Día	Horario	Aula	Profesor de Teoría (12 h.)	Dpto.
A	M	10:30-12:00	6	Natalia Calvo Fernández	FTA
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)				
C	J	13:00-14:30	3	Por determinar	FTA
D	J	16:30-18:00	2	Víctor Rouco Gómez	FM
E	J	12:00-13:30	11	Marcos López Moya	EMFTEL
F	X	15:00-16:30	M3	Alvaro de la Cámara Illescas	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Natalia Calvo	L: 10:30-13:00*	nataliac@ucm.es	Modulo Oeste Planta Baja 11
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Por determinar			
D	Victor Rouco	V: 10:00-13:00*	vrouco@ucm.es	Centro 3ª Planta 2
E	Marcos López	M,X: 14:00-17:00	marcolop@ucm.es	220. 3ª Planta Módulo Central
F	Álvaro de la Cámara	J: 10.00-13.00 *	acamarai@ucm.es	Centro, 4ª Planta 229

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

Horarios del Laboratorio Análisis de Datos (6 h)						Nº Sesiones	4
Grupo	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Dpto.**	**e-mail**	**Fechas[1]**	**Aulas informática**
LA	M	10:30-12:00	Natalia Calvo V. Rouco	FTA FM	nataliac@ucm.es vrouco@ucm.es	1/2, 8/2, 22/2 ,1/3	M2
LB	**Este grupo se imparte en inglés (ver ficha correspondiente)**						
LC	J	13:00-14:30	Por determinar P. Rivera	FTA FTA	pabloriv@ucm.es	3/2,10/2,24/2,3/3	M2
LD	J	16:30-18:00	V. Rouco Daniel Sánchez	FM EMFTEL	vrouco@ucm.es dsparcerisa@ucm.es	3/2,10/2,24/2,3/3	M2
LE	J[2]	11:30-13:00	Marcos López A.G. Argumánez	EMFTEL FTA	marcolop@ucm.es angela05@ucm.es	3/2,10/2,24/2,3/3	M2
LF	X	15:00-16:30	Alvaro de la Cámara A.G. Argumánez	FTA	acamarai@ucm.es angela05@ucm.es	2/2,9/2,23/2,2/3	M2

(1) Los días con sesiones de Laboratorio de Análisis de Datos no habrá teoría, son actividades excluyentes.

(2) Los días con sesiones de Laboratorio de Análisis de Datos del grupo E la clase se adelanta media hora con respecto a los que hay sesión de teoría.

Horarios de Laboratorios 2021/22			Nº Sesiones	13
Grupo	**Día**	**Horario**	**Laboratorio**	
LAF	L	15:00-18:30	Laboratorio de Física General. Planta Sótano centro, Facultad de Ciencias Físicas	
LB	**grupo en inglés**			
LCD	V	15:00-18:30		
LDC	X	11:00-14:30		
LE	M	9:30-13:00		
LFA	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.

Grupo	Profesor de Laboratorio		Dpto.	e-mail
LAF	Natalia Calvo Luis Durán	(49.0 h) (49.0 h)	FTA FTA	nataliac@ucm.es luisduran@fis.ucm.es
LB	Jose Luis Contreras Vicente Carlos Ruiz Por determinar	(49.0 h) (49.0 h) (49.0 h)	EMFTEL FTA FTA	jlcontreras@fis.ucm.es vcarlos@fis.ucm.es
LCD	Por determinar Sergio Sainz-Maza	(49.0 h) (49.0 h)	FTA FTA	 ssainzma@ucm.es
LDC	Victor Rouco Laura Muñoz Daniel Sánchez	(49.0 h) (49.0 h) (49.0 h)	FM EMFTEL EMFTEL	vrouco@ucm.es lmunoz@pdi.ucm.es dsparcerisa@ucm.es
LE	Marcos López Rosa María González Irene Polo	(49.0 h) (49.0 h) (49.0 h)	EMFTEL FTA FTA	marcolop@ucm.es barras@fis.ucm.es ipolo@ucm.es
LFA	Alvaro de la Cámara Carlos Yagüe Laura Martínez	(49.0 h) (49.0 h) (49.0 h)	FTA FTA OPT	acamarai@ucm.es carlos@ucm.es lauram40@ucm.es

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.** Datos discretos y continuos. 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 con hojas de cálculo. Regresión lineal. Creación de histogramas. Gráficas. Módulo de análisis de datos. (Aula de Informática; 4 sesiones de 1,5 horas).	4

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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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 con hoja de cálculo” 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 4 sesiones de 1.5 horas cada una.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Teoría:
Para las clases de teoría se grabarían vídeos por anticipado y se les proporcionaría acceso a los alumnos a las notas, presentaciones y vídeos. Las clases presenciales se reservarían para resolución de problemas, dudas y ejercicios, con la asistencia del número de alumnos que permitieran las restricciones

Análisis de datos:
Se procuraría desarrollar las sesiones de análisis de datos de manera 100% presencial empleando las medidas apropiadas de distanciamiento y protección. Si esto no fuera posible se les proporcionaría a los alumnos acceso al material necesario para su realización: transparencias y notas de clase. Las sesiones presenciales se llevarían a cabo en el aula de informática con el número de alumnos que permitan las restricciones, y al mismo tiempo se organizaría una sesión remota para aquellos que no puedan asistir presencialmente.

Laboratorio:
Las sesiones de Laboratorio se llevarían a cabo de manera fundamentalmente presencial. Para ello se tomarían distintas medidas en cuanto a organización de los grupos, uso de equipos de protección,

selección cuidadosa de las prácticas a realizar, rotación de sesiones, etc, que aseguren que se respetan las distancias mínimas y no se compromete la seguridad de los participantes. Adicionalmente

- Se equilibraría la ocupación de los grupos para evitar grupos con muchos alumnos y si fuera necesario se desdoblarían grupos o sesiones.

- Se usarían los vídeos ya grabados sobre las prácticas, explicando sus objetivos y las instrucciones para realizarlas, ya que este punto del desarrollo de las sesiones de laboratorio es el más crítico de cara a respetar la distancia mínima entre personas.

Docencia en línea (Escenario 2)

Teoría:
Para las clases de teoría se grabarían vídeos por anticipado y se les proporcionaría acceso a los alumnos a las notas, presentaciones y vídeos. Se harían sesiones online síncronas de resolución de dudas.

Análisis de datos:
Se prepararían vídeos para las sesiones de análisis de datos y se les proporcionaría acceso al material a los alumnos. Se harían sesiones online síncronas de resolución de dudas.

Laboratorio:
Las sesiones de Laboratorio se sustituirían por la realización de prácticas a distancia durante el periodo que durasen las restricciones.

Se grabarían vídeos sobre las prácticas, explicando sus objetivos y las instrucciones para realizarlas, ya que este punto del desarrollo de las sesiones de laboratorio es el más crítico de cara a respetar la distancia mínima entre personas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	30%
Examen teórico-práctico al final del cuatrimestre.		
Otras actividades	**Peso:**	70 %
Realización de prácticas en el laboratorio y en el aula de informática. Ejercicios para entregar. 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.		
Calificación final		
Para aprobar la asignatura, será necesario haber realizado todas las prácticas y entregado los resultados. La calificación final será la media ponderada de los dos valores anteriores debiendo alcanzarse una nota mínima de 4 sobre 10 tanto en las prácticas como en el examen. Si es necesario las notas de las actividades se guardan para la convocatoria extraordinaria, en la que se ofrecerá, asimismo, la posibilidad de completar las prácticas no realizadas durante el curso. La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.		

2. English Files for First Year Subjects

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	82.5	37.5	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	111	e-mail	cdiazgue@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	3	Tu, Th, Fr	11:00-13:00	Charles Creffield	Inicio semestre	37.5	T/E	FM
				Carlos Díaz-Guerra Viejo	Hasta final semestre	45.0	T/E	FM

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Carlos Díaz-Guerra Viejo	L, M, X. J: 14:30-16:00 On line o presenciales	cdiazgue@ucm.es	East wing, 2nd floor, room 111
	Charles Creffield	L, X, V: 15:00-16:00 + 3 h no pres	c.creffield@fis.ucm.es	106 (2nd floor)

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
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
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.
Semi-online teaching (Scenario 1)
Mode A. Classroom lessons will be attended by half of the students enrolled in the group, while the other half will attend the same lessons online. These two subgroups will rotate on a weekly basis. Video conferencing platforms such as Google Meet, Moodle Microsoft Teams, etc., will be used for distance learning, together with slide, electronic blackboard or transmitted traditional board presentations. Lessons and presentations could eventually be recorded and uploaded to the Virtual Campus.
Online teaching (Scenario 2)
Synchronous online theory and exercise lessons (asynchronous if the necessary connection conditions are not met). Videos and supporting material will be available on the Virtual Campus throughout the academic course. In addition, video conferencing platforms such as Google Meet, Moodle Microsoft Teams, etc., will be used for online seminars aimed to advance the contents of the subject, foster the participation of the students and solve their doubts. All seminars and lessons will be taught in the established schedule and could eventually be recorded and uploaded to the Virtual Campus according to the available connection conditions and following the rules and procedures established by UCM.

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. A single theory book, to be selected by each student, might be consulted in the second part (problems) of the exams.

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 2021-22)

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

	Total	**Theory**	**Exercises**
ECTS Credits	9	4	5
Semester hours	83.5	33.5	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	Cristina Martínez Pérez		**Dept.**	EMFTEL
	Room	229. 3ª Planta Módulo Central	**e-mail**	crismp@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff								
Group	**Lecture Room**	**Day**	**Time**	**Professor**	**Period/ Dates**	**Hours**	**T/E**	**Dept.**
B	3	We,Th Fr	9:00-11:00	Gabriel Álvarez Galindo	Full term	83.5	T/E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Gabriel Álvarez Galindo	Wed 15:00-18:00 + 3 h online	galvarez@ucm.es	Office12 (2nd West)

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:

- *Calculus* (4th edition), M. Spivak, Publish or Perish (2008).
- *Calculus* (10th edition), R. Larson, B. H. Edwards, Cengage Learning (2013).

Complementary:

- *Calculus-Vol. 1* (2nd edition), T. M. Apostol, Wiley India (2011).

Online Resources

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

Methodology

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

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 of the material), as well as an end-of-term exam (covering the second half of the material). The final exam will be given in July. All the corresponding exercises will be similar to those explained in problem-solving sessions. Exercises given in recent exams will be posted in advance.

Semi-online teaching (Scenario 1)
The group B of Mathematics will apply the partially classroom-based modality A: * Partially classroom-based lectures on theory and problems, where the basic concepts of the subject will be explained and illustrated with examples and applications. The audio and the blackboard projection (whatever its type) will be broad-casted live via internet. * The students will be provided with practical worksheets before their solution at class. * There will be in-person tutorials if appropriate and always keeping the due health and safety measures. Alternatively, they will be via electronic mail, videos or syncronous streaming tools (Microsoft Teams, Google Meet, etc.). Online tutorials will conducted within the schedule established for them by the each professor.
Online teaching (Scenario 2)
The group B of Mathematics will consider the following guidelines for its non-classroom-based teaching: * Theory and practical lectures by means of videos posted on Virtual Campus or in live streaming during the class schedule. Videos will reamin available to the students therein. * Doubts and issues will be solved via electronic mail or online tuorials during the corresponding schedule. * Text and audiovisual material will be provided through the Virtual Campus to further support the lectures.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
The exercises in the mid-term and end-of-term exams will be similar to those discussed in problem-solving sessions. At least 60% of the exercises will be shared by all the groups. Each of these exams will be graded from 0 to 10. Students will pass the course if they get in these exams an average greater than or equal to 5 and a lowest grade greater than 4. Students not meeting the former criteria must take the final exam (covering all the material) to pass the course. Students meeting the former criteria can optionally take the final exam to get higher grades. Denoting by P1 and P2 the mid-term exam and end-of-term exam grades respectively, and by F the final exam grade (also from 0 to 10), the overall exam grade E will be given by the equation E=max((P1+P2)/2,F). The same rule will apply to the July make-up exam.		
Other Activities	**Weight:**	30%
In some groups, most of the credit for “Other Activities” will be given for problem-solving tests during lecture hours. In other groups, partial of total credit may be given to take-home exams or projects, regular class attendance or attendance to tutoring sessions. The overall grade for “Other Activities”, denoted by A, will range from 0 to 10.		
Final Mark		
Being E the final exam mark and A the overall grade for “other activities”, if $E \geq 4$ the final grade of the subject will be given by the formula: $C_F = \max(0.3*A + 0.7*E, \mathrm{E})$ [If $E<4$ and $C_F \geq 5$, the final grade will be 4.5]. The final grade in July will be computed according to this same formula.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

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	55	25	30

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	QA508	**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	3	Tuesday, Wednesday	9:30-11:00 11:00-13:00	Eduardo Santiago Sanz García	42	T/P	QF

T: Theory, P: Problems

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Eduardo Santiago Sanz García	M,W 9:30-11:00	esa01@ucm.es	QB256

Laboratory Teaching Staff	
Afternoon Sessions	
To be determined	

Teachers have still not been assigned to each subgroup.

Nº sessions: 4				
group (seats)	**sessions**	**group (seats)**	**sessions**	**Schedule**
D1 (20)	Oct: 7, 8, 14, 15	**E2 (20)**	Nov: 5, 12, 19, 26	M: 9:30–12:30
D2 (20)	Nov: 4, 11, 18, 25	**F1 (20)**	Oct: 4, 6, 13, 18	
E1 (20)	Nov: 3, 10, 17, 24	**F2 (20)**	Nov: 2, 16, 23, 30	
A1 (20)	Oct: 5, 8, 15, 19	**B2 (20)**	Nov: 2, 16, 23, 30	T: 15:00–18:00
A2 (20)	Nov: 3, 10, 17, 24	**C1 (20)**	Nov: 4, 11, 18, 25	
B1 (20)	Oct: 4, 6, 13, 18	**C2 (20)**	Nov: 5, 12, 19, 26	
NP	No sessions			

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.
Students who request the validation of credits of the Chemistry course, must choose groups that start in November (A2, B2, C1, C2 in the afternoon).

NOTE: Los laboratorios se impartirán en español.

Sessions: Four three-hour sessions and an one-hour exam.

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

Examination Dates	
Midterm Exam	https://fisicas.ucm.es/guias-examen
Laboratory Exam (Approximate dates)	To be specified
Final Exam	https://fisicas.ucm.es/guias-examen

Syllabus	Weeks*
1. **Stoichiometry.** Atomic mass. Mole and molar volume. Avogadro's constant. Stoichiometry. Determination of chemical formulas and limiting reagent. Calculation of concentrations. Gases in chemical reactions.	1.0
2. **Fundamentals of chemical equilibrium**. Enthalpy: Hess's law. Spontaneity. Chemical equilibrium. Effect of a change in conditions on some chemical equilibria: Le Châtelier's principle. Relationship between Gibbs free energy equilibrium constant K. The effect of temperature on the equilibrium constant K.	2.0
3. **Acid-base equilibria.** Concept of acids and bases. pH scale. Relative strengths of acids and bases. Hydrolysis. Buffer solutions. Acid-base indicators. Titration.	2.0
4. **Solubility equilibria.** Solubility and precipitation. Solubility product constant. Common ion effect. Fractional precipitation. Dissolution of precipitates.	1.0
5. **Electrochemistry**. Oxidation-reduction processes. Balancing oxidation-reduction equations. Electrochemical cells. Electrode potentials. Nernst's equation. Connection between cell potential and equilibrium constant. Electric Battery. Corrosion. Electrolysis.	2.0
6. **Chemical kinetics.** Reaction rate: factors that modify it. Reaction orders and molecularity. Integrated speed equations. Arrhenius equation. Reaction mechanism	2.0
7. **Atomic structure**. Quantum numbers and atomic orbitals. Electronic configurations. Periodic table. Periodic properties.	1.0
8. **Chemical bonding.** Different types of bonds. Covalent bond. Lewis Model, VSEPR theory. Bond Polarity. Electronegativity. Resonance. Introduction to the valence bond	2.5

method. Hybridization. Molecular Orbital Theory. Metallic bond. Intermolecular forces. Ionic bonding. Reticular energy. Born-Haber cycle. Different types of solids.	
9. **Organic chemistry**. Organic compounds and their structures. Hydrocarbons. Chemical nomenclature. Different 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
• Lab Exam (1 hora)	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% (Scenario 0)

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 assesment.

Laboratory: The students will carry out the experiments described in the practice script (virtual campus). The students will reproduce the measured data and describe the results in the practice report (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).

Methodology
Semi-online teaching (Scenario 1)

The following training activities will be developed:
- Recorded lessons: Students will prepare the topics using the material that the teacher will make available on the Virtual Campus. This material will include illustrative videos on each topic.
- Classroom lessons: These lessons will be devoted to solving doubts, related to the recorded lessons, problems solving and practical lessons. The subgroups will rotate weekly and the classroom lessons will be repeated for each one of them.
-Laboratory: It will be in classroom. The students will carry out the experiments described in the

practice script (Virtual Campus). The students will reproduce the measured data and describe the results in the practice report (Virtual Campus). The practice reports will be collected on the day of the laboratory exam.
On-campus teaching 100% (Scenario 2)
The following training activities will be developed: - Recorded lessons: Students will prepare the topics using the material that the teacher will make available on the Virtual Campus. This material will include illustrative videos on each topic. - Online lessons: The tools (MS teams, Google Meets, etc.) that UCM makes available to the university community will be used. These lessons will be devoted to solving doubts, related to the recorded lessons, problems solving and practical lessons. These lessons will be recorded, and the recordings will be available on the Virtual Campus. - Laboratory: It will be a virtual laboratory. Student will carry out the exercises proposed in the practice script (Virtual Campus) making used of the material made available to the students by the teacher. Student will described the results in the practice report (Virtual Campus). The practice reports will be send to the teacher.

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 will consist of a theoretical (70%) and a practical part (30%) that will assess the ability of the student to apply the fundamental concepts to real problems. In this section, the final mark will be the best between the one calculated by taking either the average of the scores obtained in the two partial exams or the one obtained in the final exam.		
Other Activities	**Weight**	30%
• Attendance and participation (10%). • Lab sessions (20%). Once finished, there will be an exam that will last for one hour. During the examination the practice script and practice report will be provided. The laboratory mark will be the average between the exam score, the practice report score and the on-site assessment.		
Final Mark		
The final mark is the best score between the sum of the numerical scores of the previous sections, weighted by the coefficients indicated in each case, and the mark calculated by taking the sum of the exam score weighted at 80% and the laboratory score weighted at 20%. To apply the previous criteria, it is mandatory to have a minimum mark of 4 in each exam and to have passed the laboratory practices (the laboratory mark is valid for two school years).		
June-July Call		
The exam will account for a 80% of the final mark. The remaining 20% will correspond to the laboratory mark. There will be also a lab make-up exam for those students who failed it.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

Scientific Computer Laboratory		**Code**	800496	**Year**	1º	**Sem.**	1º
Module	Basic Core	**Topic**		**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:	María Guijarro Mata-García		**Dpt.:**	DACYA
	Room:	233c,2nd Floor	**E-mail**	mguijarro@ucm.es
	Teresa Losada Doval		**Dpt.:**	FTA
	Room:	107, 4th floor	**E-mail**	tlosadad@ucm.es

Theory – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Hours	Dpt.
B	3	Tu	13:00-14:00	Segundo Esteban San Román	10	DACYA

Tutoring – Schedule and Teaching Staff

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Segundo Esteban San Román	Mo 10:00-12:00 Th 16:00-17:00	segundo@dacya.ucm.es	236, 2nd Floor

Laboratory Schedule			No. of sessions:	30
Group	**Computer Lab**	**Day - Hours**	**Remarks**	
LB1	M2	Mo 12:00-14:00 Th 14:00-16:00	Practical work is split into two two-hour sessions per week. There are four hours of practical work per week. Tutorials are conducted via e-mail. Face-to-face tutorials can be requested by e-mail.	
LB2	M2			

Laboratory Teaching Staff					
Group	**Computer Lab**	**Professor**	**Hours**	**Dpt.**	**e-mail**
LB1	M2	Segundo Esteban San Román	60	DACYA	segundo@dacya.ucm.es
LB2	M2	Joaquín Recas Piorno	60	DACYA	recas@ucm.es
LB1-2	M2	Pablo Zurita	30	FTA	pzurita@fis.ucm.es

Syllabus

Topic 1: Introduction to scientific computing — 1 hour

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

Topic 2: Floating-point Arithmetic — 2 hours

- Numerical representation: Integers and real numbers
- Round-off Errors. Relative errors. Error units in last place (ulps)
- IEEE 754 foating point standard

Topic 3: Roots (zeros) of a function — 2 hours

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

Topic 4: Systems of linear algebraic equations — 2 hours

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

Topic 5: Curve Fitting and Data interpolation — 2 hours

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

Topic 6: Differentiation and Integration — 1 hour

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

Laboratory Exercises	Sessions
Exercise 1: Introduction to Matlab & GNUs Tools ● Development Environment ● Variables and operators ● Internal Functions ● Loops and conditional statements ● Creating functions and Scripts ● Graphical representation	10
Exercise 2: Roots (zeros) of a function ● Iterative methods ● Matlab functions	4
Exercise 3: Systems of linear algebraic equations ● Direct methods ● Iterative methods ● Convergence analysis	5
Exercise 4: Curve fitting and Data interpolation ● Global interpolation methods ● Local interpolation methods ● Least Square Regression Method	5
Exercise 5: Differentiation and Integration ● Finite difference approximations for derivatives ● Numerical Integration ● Discrete solution for initial value problems	4
Exercise 6: Introduction to Symbolic Computation	2

Bibliography

Recommended reading

- Kincaid, D. y Cheney, W. (1994). Numerical Analysis. Ed. Addison-Wesley.
- John H. Mathews, Kurtis D. Fink (2005) *Numerical Methods Using Matlab.* Prentice Hall.
- Jiménez, J. (2014). *Laboratorio de Computación Científica,* e-prints-UCM. http://eprints.sim.ucm.es/21710/

Complementary reading

- Stormy Attaway, (2009). *Matlab: A practical introduction to programming and problem solving.* Ed Butterwrth-Heinemann (Elsevier)
- 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

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

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 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.

Semi-attendance modality (Scenario 1)

The professor will provide all the material for the theoretical lessons, including videos with the explanations of each one of the lectures. The semi-attendance sessions will be devoted to solving doubts and to practical explanations with Matlab for each subgroup of students. This methodology is similar to the one followed by the rests of the groups.

Virtual modality (Scenario 2)

The professor will provide all the material for the theoretical lessons, including videos with the explanations of each one of the lectures. On-line sessions, with Google Meet/Teams apps, will be devoted to solving doubts and to practical explanations with Matlab. Online tutorial sessions will be held through Teams/Google Meet upon student request. This methodology is similar to the one followed by the rests of the groups.

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 3.0 points out of 10 in the examinations is needed to compensate with the laboratory work.

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 and performing of tests and exercises are mandatory to pass the course.

Final Mark

In the ordinary call 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.

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 2021-22)

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	82.5	33.5	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

Coordinators	Mª Amparo Izquierdo Gil & Blanca Ayarzagüena Porras		Dept.	EMFTEL / FTA
	Room	109 1st floor 233, 4 floor. Central	e-mail	amparo@fis.ucm.es bayarzag@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	2	Tu Th Fr	12:00-14:00 11:00-13:00 09:00-11:00	Jesús Fidel González Rouco	01-25-22 / 03-11-22	41.25	T/E	FTA
				Marta Ábalos Álvarez	03-17-22 / 05-10-22	41.25	T/E	FTA

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Jesús Fidel González Rouco	L, X, V: 12.00h-14.00h	fidelgr@ucm.es	Office 4, base floor
	Marta Ábalos Álvarez	L, M, X: 12.30h-14.30h	mabalosa@ucm.es	Dpcho. 234, 4ª Pl. Central

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

February 17th, 1st seminar talk by 'to be determined'
March 13th, 2nd seminar talk by 'to be determined'
March 17th, 3rd seminar talk by 'to be determined'
April 7th, 4th seminar talk by 'to be determined'
April 28th, 5th seminar talk by 'to be determined'

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 & superconductivity, biophysics, climate change, 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

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

The course involves the following educational ítems:

- 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 6th 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 additionally be 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.

Semi-online teaching (Scenario 1)
-Group B. A modality: Classes will be given in the usual way, with only one of the subgroups of students attending, which will rotate weekly. The rest of the students will follow the class remotely with tools such as Moodle's Microsoft Teams, Google Meet, or similar. Additionally, several tools will be used to facilitate the interaction of the subgroup of students that must follow the class online. The classes will be recorded and will be available to students on the Virtual Campus.
Online teaching (Scenario 2)
-Group B. Teaching will be done remotely. This approach includes two types of activities: a) support material available to students on the Virtual Campus, including prerecorded explanatory sessions and b) sessions with student tele-presence. This type of sessions with tele-presence can be used as explanatory classes or as Tutorial sessions to solve students' doubts. The sessions with tele-presence will be held during the official timetable of the course. The number of hours of weekly tele-presence will be less than the number of hours of classroom time assigned to the subject. The sessions with tele-presence will be scheduled and informed sufficiently in advance.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	75%
A mid-course exam will take place. Students obtaining a qualifying grade above 5 (scale 1-10) will not need to be evaluated for this contents in the final course examination. In the final course examination: • Students with a lower grade tan 5 in the mid course exam will have to attend a final examination including all the contents developed during the course. • Students with a qualifying grade above or equal to 5 can select one of the following two alternatives: a) Attending a second examination that addresses only the contents developed in the second part of the course, not included in the mid-course exam. This examination will take place at the same date and time as the final examination. If the student obtains a qualifying grade of 5 in the second examination, the final grade obtained by the student from the exams will be the average of the mid- and final- course examinations. The final grade of the course will also consider the ongoing evaluation activities, provided the exam grade is larger or equal to 5. b) Attending a examination including all the contents addressed during the course. The final grade of the course will also consider the ongoing evaluation activities, provided the exam grade is larger or equal to 5. If the student would not get above the qualifying grade in June, a second examination will be offered in the July call comparable to option b) above. The evaluation of ongoing activities during the course will be considered if the student attains a qualifying grade of at least 5 (scale 1-10) during the examination options described above.		
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.		
Final Mark		
The final course grade (F) will be the highest value of the following: **F = 0.25 A + 0.75 E** **F = E** where A is the grade derived from “Otras actividades” and E is the grade obtained from the examinations, both in a 1-10 scale. This weighing is valid both for the evaluation of June or that of July.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	67.5	37.5	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	Miguel Ángel Rodríguez González		**Dept.**	FT
	Room	27, 2ªO	**e-mail**	rodrigue@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	2	Tu We Th	10:30-12:00 11:00-13:00 9:30-11:00	Joaquín López Herraiz	February, March & April	40	T/E	EMFTEL
				Raúl González Jiménez	April & May	27.5	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Joaquín López Herraiz	Tu: 15:00-17:00 Th: 11:00-13:00	jlopezhe@ucm.es	235. 3rd floor
	Raúl González Jiménez	Mo: 10:00-12:00 We,Th: 14:00-16:00	raugon06@ucm.es	3rd floor, central- north no office number

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. **Double and triple integrals.**
   - Double integral over rectangular regions. Integrability.
   - Double integral over more general regions.
   - Triple integrals.
   - Functions from $\mathbf{R}^2$ to $\mathbf{R}^2$. Change of variables.
4. **Functions with vector values.**
   - Trajectories, speed, acceleration.
   - Vector fields. Divergence and curl.
   - Vector differential calculus.
5. **Integrals over curves and surfaces.**
   - Integral of a function (scalar or vector) along a curve.
   - Arc length
   - 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
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
The following formative activities will be developed: • Theory lectures, which will focus on the main concepts, including examples and applications (approximately 3 hours per week) • Practical classes of exercises (2 hours per week on average) 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. For questions or more thorough explanations, students will be able to visit the professor during the specified office hours. It is highly recommended the use of these tutoring classes for a better use of the course. Students will receive exam copies from previous years. All the materials will be available on the Virtual Campus.
Semi-online teaching (Scenario 1)
In this group (Calculus in English) we will use Modality B (Modalities A and B are described in the document approved by the Faculty Board on June 26, 2020). This way it will be easy to switch to fully online education if needed, and the face-to-face interactions will be focused on the topics more difficult to address online. In this scenario, presence classes will be carried out with a reduced number of students. The group of students attending the presence classes will rotate, so that all students have the same number of these sessions. These face-to-face classes will be focused on answering questions and solving exercises. The Virtual Campus will be used to share documents with the theory of each chapter in pdf format and videos with detailed explanations of the main concepts of each topic and solutions of some exercises. These materials will be connected with the topics seen in the presence classes. Additionally, other resources of the Virtual Campus (such as the Forum for answering questions and making them available for all students) will be extensively used. Tutoring will be answered by email whenever possible.
Online teaching (Scenario 2)
The teacher will extensively use the Virtual Material Campus with explanations of each subject recorded in advance or broadcasted synchronously using Microsoft Teams. This material will guarantee the same competences acquisition as the presence theoretical classes. Teaching material will be made available to students via the Virtual Campus and Google Drive. Tools will be used for live collective communication such as Microsoft Teams and Google Meet. The use of the Virtual Campus forums will be encouraged for student questions and the subsequent answers will be used by the rest of the students. The resources of the Virtual Campus (Forum for answering questions and making them available for all students, and Microsoft Teams for Online Classes) will be extensively used. Tutoring will be answered by email whenever possible.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	75%
A partial exam will be held approximately at mid-semester, in addition to the final exam. The contents evaluated in the partial exam will be subject to evaluation also in the final exam, regardless of the grade that the student may have obtained in the partial exam. A grade greater than or equal to 4 out of 10 in the final exam is required to pass the course. If the score obtained in the partial exam is “P”, and the score obtained in the final exam is “F”, both on a scale of 0-10, then the total exam grade is obtained by applying the following formula: E=max(F, 0.4*P+0.6*F)		
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 in September.		
Final Mark		
The final mark is the best score of the options as follows: ***FM = max (E, 0.75*E + 0.25*A)*** where A corresponds to the score obtained in Other Activities, and E to the exam score. The final mark in the extraordinary call in July will be obtained following exactly the same assessment procedure.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	67.5	37.5	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	Mercedes Martín Benito			**Dept.**	FT
	Room	13, 2ªO	**e-mail**	m.martin.benito@ucm.es	

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	2	Tu We Fr	9:30-10:30 9:00-11:00 11:00-12:30	José Ramón Peláez Sagredo	Whole period	55.5	T/E	FT
				Mindaugas Karciauskas	Whole period	12.0	T/E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	José Ramón Peláez Sagredo	Mon, Wed 15:30-18:00 Wed: 12: 00 – 13:00	jrpelaez@fis.ucm.es	Office 8 2nd Floor, West
	Mindaugas Karciauskas	Wed: 14:00 – 17:00 + 3h online	mindauka@ucm.es	Office 234.0 3rd Floor, Central

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).

Additionally, 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

100% in-class teaching (Scenario 0)

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.

50% in-class teaching (Scenario 1)
We will adopt preferably modality A of standard teaching. With this aim, techonological resources will be employed, such as tablet or electronic blackboard and video recording. This way the students who cannot be present in the classroom can attend the class both live, if possible, and on replay.
100% on-line teaching (Scenario 2)
Didactic activities carried out through video recording and online sessions with students will be activated through the Google meet and Microsoft Teams tools.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	80%
There will be a partial exam, approximately at mid-semester, and a final exam. It will be mandatory to obtain a grade greater than or equal to 4,5 out of 10 in the final exam to pass the course. Partial exam: - It will be about the content explained until that date and its structure will be similar to that of the final exam. - The maximum grade of the partial exam will constitute 40% of the total grade of this section (exams). - 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. The final exam will be common to all groups by 60% at least.		
Other Activities	**Weight:**	20%
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. Each of them will be scored from 1 to 10.		
Final Mark		
The final grade (both in the ordinary and extraordinary calls) will be obtained as the maximum between the final exam grade and the weighted sum of the two previous sections with their specified weights.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	67	12	55

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	José Luis Contreras González		Dept.	EMFTEL
	Room	217	E-mail	jlcontreras@fis.ucm.es

Theory – Schedule and Teaching Staff					No. of Sessions	8
Group	Lecture Room	Day	Time	Professor (12 h)		Dept.
B	2	Th	13:00-14:30	José Luis Contreras González		EMFTEL

Office hours				
Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	J. L. Contreras	Tues. 14:00-15:30 Thur. 11:30-13:00	jlcontreras@fis.ucm.es	Mid Module 3rd Fl. 217

Laboratory Teaching Staff			
Group	**Data Analysis Laboratory – Professor (6h)**	**Dpt.**	**e-mail**
LB	J.L. Contreras J.Blasco	EMFTEL FTA	jlcontreras@fis.ucm.es jablasco@ucm.es
Group	**Laboratory - Professor**	**Dpt.**	**e-mail**
LB	J. L. Contreras V.C. Ruiz Por determinar	EMFTEL FTA FTA	jlcontreras@fis.ucm.es vcarlos@fis.ucm.es

Data Analysis Laboratory- Schedule				No. of sessions:	4
Group	**Day**	**Hours**	**Dates**	**Location**	
LB1* LB2*	Wed. Th.	13:00-14:30	2/2,9/2,23/2,2/3 3/2,10/2,24/2,3/3	M2 15	

Laboratory Schedule				No. of sessions:	13
Group	**Day**	**Day - Hours**	**Location**	**Remarks**	
LB	Tue	15:30-19:00	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.	

***Choice of data analysis groups LB1 and LB2 will take place during the course.**

Syllabus

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

- **Measures:** Units. Types of measures. Error and uncertainty. Systematic uncertainty. Random uncertainty. Estimation of uncertainties. Presentation of results.
- **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	Sessions
Introduction. Data analysis.	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 with spreadsheets. Linear regression. Histograms. Graphics Data analysis module. (Taught in the computer classroom). Four sessions of 1.5 hours.	4

Bibliography

Basic

- *Class notes,* available on the web.
- *Experimental Methods. An introduction to the analysis of Data*. L. Kirkup. Ed. 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, N. Cardiel y J. Zamorano (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 experimets with mobile phones
https://www.ucm.es/theoscarlab	Videos and tutorials of Physics experiments

Methodology

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

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 with spreadsheet" 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.

Semi-online teaching (Scenario 1)

Theory:

Scenario B:For theory classes, videos would be recorded in advance and students would be given access to notes, presentations, and videos. The face-to-face classes would be reserved for solving problems, questions and exercises, with the assistance of the number of students allowed by the restrictions

Data analysis:
We aim to carry out data analysis sessions on place in 100% of the cases for all students. If this were not possible, students would be provided with access to the material necessary for their realization: slides and class notes. We would then hold both: face-to-face and online sessions. The face-to-face sessions would be held in the computer room with the number of students allowed by the restrictions, and at the same time a remote session would be organized for those who cannot attend in person.

Laboratory:
Fundamentally all laboratory sessions would be carried out on place. For this goal, different measures would be taken in terms of organization of the groups, use of protection equipment, careful selection of the experiences to be carried out, rotation of sessions, etc., which ensure that the minimum distances are respected and the safety of the participants is not compromised. Furthermore:

- If necessary the occupation of the groups would be balanced to avoid groups with many students andv if necessary, groups or sessions would be split.

- The already recorded videos about the experiences would be used, explaining their objectives and the instructions to carry them out, since this point in the development of the laboratory sessions is the most critical in order to respect the minimum distance between people.

Online teaching (Scenario 2)

Theory:

For theory classes, videos would be recorded in advance and students would be granted access to notes, presentations, and videos. Synchronous online sessions to resolve doubts would be held.

Data analysis:

Videos would be prepared for the data analysis sessions and students would be granted access to the material. Synchronous online sessions to resolve doubts would be held.

Laboratory:

The Laboratory sessions would be replaced by online or at-home experiences during the period of the restrictions.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	30%
Theoretical-practical exam at the end of the semester.		
Other activities	**Weight:**	70%
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.		
Final Mark		
It is mandatory to assist to all the lab sessions and deliver the reports and filled forms. The final grade will be the weighted mean of the two previous values, with a minimum score of 4.0 out of 10 demanded in both the assignments and the exam. If needed, the marks of both activities will be kept for the extraordinary call, which will also offer the possibility of completing the exercises not performed during the course. The grading of the extraordinary call for will be obtained following the same evaluation procedure described above.		

3. Fichas de las asignaturas de segundo curso

Grado en Física (curso 2021-22)

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	67.5	37	30.5

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 Física Estadística y Física Cuántica

Profesor/a coordinador/a	Artemio González López		Dpto.	FT
	Despacho	29, 2ª pl. oeste	e-mail	artemio@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	L J V	09:00-10:30 10:30-12:00 09:00-11:00	Luis Manuel González Romero	Todo el semestre	67.5	T/P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	L X J	15:00-16:30* 15:00-16:30 15:00-17:00	Diego Rubiera García	6-9 al 22-11 de 2021	52,5	T/P	FT
				Artemio González L.	24-11 al 16-12-2021	15	T/P	
D	9	L X V	17:30-19:00 16:30-18:30 17:00-18:30	Luis Manuel González Romero	Todo el semestre	67.5	T/P	FT
E	11	M,X V	09:00-10:30 10:30-12:30	Enrique Alfonso Maciá Barber	Todo el semestre	67,5	T/P	FM

(*) Tras 2 clases en martes de 18 a 19:30, el grupo C pasará a impartirse los lunes de 15 a 16:30 a partir de la 3ª semana

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Luis Manuel González Romero	L: 11:00-13:00; V: 14:30-15:30 X: 10:00-13:00	mgromero@fis.ucm.es	6 2ª pl. oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Artemio González López	M: 10:30-13:00 V: 11:00-13:00 y 14:30-16:00	artemio@fis.ucm.es	Despacho 29 2ª pl. Oeste
	Diego Rubiera García	X: 10:00-13:00 (+ 3 horas online)	drubiera@ucm.es	27 3ª pl. Oeste
D	Luis Manuel González Romero	L: 11:00-13:00; V: 14:30-15:30 X: 10:00-13:00	mgromero@fis.ucm.es	6 2ª pl. oeste
E	Enrique Alfonso Maciá Barber	M, X 14:30-16:00	emaciaba@ ucm.es	Despacho 104 2ª pl. Este

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. 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:

- A. Fernández Rañada, *Dinámica Clásica* (2ª ed.), Alianza, 1994.
- A. González López, Manual de Mecánica Clásica, http://jacobi.fis.ucm.es/artemio/Notas%20de%20curso/MC.pdf.
- P. French, *Relatividad Especial*, Reverté, 1974.
- C. Kittel, W.D. Knight, M.A. Ruderman: Mecánica (vol.1 Curso de Física de Berkeley), Reverté, 1968 (McGraw-Hill, 1965)
- 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).
- J.R. Taylor, *Mecánica Clásica*, Reverté, 2013. (J.R. Taylor, *Classical Mechanics,* University Science Books, 2005).
- E.F. Taylor, J.A. Wheeler, *Spacetime Physics,* Freeman, 1992.

Complementaria:

- F. Domínguez-Adame, Mecánica y Ondas. 100 problemas resueltos, Ediciones Complutense, Serie Docencia, 2017
- F.R. Gantmajer, *Mecánica Analítica*, URSS, 2003.
- H. Goldstein, *Mecánica Clásica* (2ª edición), *Reverté,* 1987. (H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, *Classical Mechanics,* 3rd Edition, Addison Wesley, 2002).
- 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).

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se utilizará preferentemente la modalidad A descrita en el documento "Medidas Extraordinarias de planificación y organización docente para el curso 2020-21" (https://fisicas.ucm.es/info-coronavirus-fisicas_ucm). Las clases presenciales se grabarán y retransmitirán en tiempo real al subgrupo de alumnos que no puedan asistir a las mismas mediante los programas Google Meet o Microsoft Teams procurando que dichos alumnos puedan interaccionar con el profesor y formularle sus preguntas. Se pondrán a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual materiales didácticos tales como notas de curso, problemas resueltos, exámenes resueltos, cuadernos de Mathematica o Maple, etc.

Docencia en línea (Escenario 2)

Se impartirán las clases de forma síncrona durante su horario habitual en sesiones de Google Meet o Microsoft Teams, subiendo las correspondientes grabaciones al Campus Virtual. Se pondrá además a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual materiales didácticos tales como notas de curso, problemas resueltos, exámenes resueltos, cuadernos de Mathematica o Maple, etc. Las tutorías se llevarán también a cabo mediante el correo electrónico o, cuando la situación lo requiera, sesiones de Google Meet o Microsoft Teams.

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 2021-22)

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	67.5	37	30.5

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/a coordinador/a	Mohamed Khayet Souhaimi		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	106, 1ª Este	e-mail	khayetm@fis.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	Mohamed Khayet Souhaimi	Todo el semestre	55.5	T y P	EMFTEL
				Loreto García Fernández	Todo el semestre	12	P	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	L M J	16:30-18:30 16:30-18:00 17:00-18:30	Armando Relaño Pérez	Todo el semestre	52.5	T y P	EMFTEL
				Luis Dinis Vizcaino	Todo el semestre	15	P	EMFTEL
D	9	L,M V	16:00-17:30 15:00-17:00	Mª Amparo Izquierdo Gil	Todo el semestre	67,5	T y P	EMFTEL
E	11	L M,X	09:00-11:00 10:30-12:00	Vicenta María Barragán García	Todo el semestre	67.5	T y P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Mohamed Khayet Souhaimi	X: 12:00-15:00 Atención online, campus virtual y correo electrónico (3 h)	khayetm@fis.ucm.es	106. 1ª Planta Módulo Este
	Loreto García Fernández	M: 12:30-14:00 Campus Virtual o correo electrónico (2h)	loreto.garcia@ucm.es	108.0 1ª Planta Módulo Este
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Armando Relaño Pérez	L y X: 11:00-13:00 A través del correo electrónico petición de tutoria (2h)	armando.relano@fis.ucm.es	110. 1ª Planta Módulo Este
	Luis Ignacio Dinis Vizcaíno	L: 15:00-16:30, M: 11:30-13:00 V: 14:00-15:30	ldinis@ucm.es	215. 3ª Planta Módulo Central
D	Mª Amparo Izquierdo Gil	M y V: 11:30-13:00 (3h no presenciales)	amparo@ucm.es	109. 1ª Planta Módulo Este
E	Vicenta María Barragán García	L: 14:30-15:30 M: 13:30-15:30	vmabarra@ucm.es	113, 1ª Pl. Módulo Este

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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

* Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia (aproximadamente 3 horas por semana)

* Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas (aproximadamente 2 horas por semana)

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

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

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se desarrollarán las mismas actividades planteadas en la docencia presencial pero en este caso tanto las lecciones de teoría como las clases de problemas y actividades dirigidas se impartirán siguiendo la modalidad A: El profesor impartirá las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional transmitida con cámara. Las clases no quedarán grabadas. Esta metodología está supeditada a que el centro provea el equipamiento necesario.

Se suministrará con antelación a través del Campus Virtual los enunciados de problemas, así como el material necesario para la impartición de las clases.

El profesor organizará con los alumnos las tutorías presenciales u online, en su horario especificado, con objeto de resolver dudas o ampliar conceptos.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se desarrollarán las mismas actividades planteadas en la docencia presencial pero en este caso tanto las lecciones de teoría como las clases de problemas y actividades dirigidas se impartirán online a través de la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, o por medio de material grabado con antelación y puesto a disposición del estudiante en el Campus Virtual de la asignatura. Se suministrarán con antelación a través del Campus Virtual los enunciados de problemas, así como el material necesario para la impartición de las clases. El profesor organizará con los alumnos las tutorías online, en su horario especificado, 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 la que se podrán consultar las notas de clase y libros de teoría, de libre elección por parte del alumno. Si por causa de fuerza mayor no pudiera realizarse la evaluación presencial, el examen no presencial se llevará a cabo y tendrá el mismo formato que el presencial.		
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 2021-22)

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	54	29.5	24.5

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.

Profesor/a coordinador/a	Bianchi Méndez Martín			Dpto.	FM
	Despacho	125	e-mail	bianchi@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

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 semestre	54	T y P	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	M,V J	15:00-16:30 18:30-19:30	José Juan Jiménez Rodríguez	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
D	9	M X J	17:30-19:00 18:30-19:30 16:30-18:00	Carlos León Yebra	Todo el semestre	54	T y P	FM
E	11	L X V	12:30-14:00* 12:00-13:00 9:00-10:30	Jacobo Santamaría Sánchez Barriga	*Alternarán clases durante el semestre*	38	T y P	FM
				Carlos León Yebra		16	T y P	FM

(*) Tras 2 clases el 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**	**Despacho**
A	Sagrario Muñoz San Martín	V: 10:00-13:00 Tutorías virtuales a través del Campus Virtual o correo electrónico (3 h de L-V)	smsm@fis.ucm.es	Despacho 112, 3ª Pl. Este
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	José Juan Jiménez Rodríguez	M, J, V: 16:30–18:00	josejjr@ucm.es	111, 3ª pl. Este
D	Carlos León Yebra	L, M, X. 11.00-13.00	carlos.leon@fis.ucm.es	119, 3ª pl.
E	Jacobo Santamaría Sánchez-Barriga	L,X,J: 18:00-20:00	jacsan@fis.ucm.es	118, 3ª pl.
	Carlos León Yebra	L, M, X. 11.00-13.00	carlos.leon@fis.ucm.es	119, 3ª pl.

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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Además, se suministrarán a los estudiantes formularios de autoevaluación y/o exámenes de convocatorias previas.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Grupos A y C: se utilizará la modalidad A. Las clases presenciales no se grabarán y se retransmitirán en tiempo real al subgrupo de alumnos que no puedan asistir a las mismas mediante el programa Microsoft Teams, procurando que dichos alumnos puedan interaccionar con el profesor y formularle sus preguntas. Se pondrá a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual materiales didácticos tales como notas de curso, problemas propuestos, exámenes resueltos, etc.

En el resto de grupos la docencia semi-presencial se adaptará a las indicaciones generales recibidas a nivel UCM de acuerdo a la situación sanitaria, eligiendo entre la modalidad A, la modalidad B o una composición según lo recomienden las circunstancias. Los profesores informarán del procedimiento más adecuado para el seguimiento de la asignatura y de las actividades de evaluación, asegurando que las clases o materiales relevantes se puedan seguir semi-presencialmente. Esta metodología se re-adaptará a las necesidades docentes particulares de cada tema de la asignatura.
Docencia en línea (Escenario 2)
La docencia online se adaptará lo mejor posible a las indicaciones de la UCM, según la situación sanitaria relevante en el momento. Los profesores informarán del procedimiento adecuado para el seguimiento online de la asignatura, así como de las actividades de evaluación, por ejemplo a través del CV. Las clases o materiales relevantes se prepararán para el seguimiento online, con posibilidades que pueden incluir procedimientos tales como la emisión las clases en streaming de manera síncrona, hacer las clases disponibles para seguimiento de manera asíncrona u otras. Esta metodología, se evaluará con ejercicios entregables y examenes on-line y se re-adaptará a las necesidades docentes particulares de cada tema de la asignatura.

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. Sólo podrán obtener una calificación en este apartado aquellos estudiantes que hayan asistido como mínimo a un 80% de las clases, salvo ausencias debidamente justificadas.		
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 2021-22)

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	54	29	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	Federico Finkel Morgenstern		Dpto.	FT
	Despacho	20, 2ª Pl. Zona Oeste	e-mail	ffinkel@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

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	Federico Finkel Morgenstern	Todo el semestre	54	T y P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	X,V	16:30–18:30	José Luis Blázquez Salcedo	Todo el semestre	54	T y P	FT
D	9	M X,J	15:00–16:00 15:00–16:30	Federico Finkel Morgenstern	Todo el semestre	54	T y P	
E	11	L M X	11:00-12:30* 12:00–13:30 13:00–14:00	Mercedes Martín Benito	Primera mitad del semestre	27	T y P	
				Manuel Mañas Baena	Segunda mitad del semestre	27	T y P	

(*) 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	Federico Finkel Morgenstern	L: 10:00-13:00 y 14:30-16:00 M: 10:00-11:30	ffinkel@fis.ucm.es	20, 2ª Pl. Zona Oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	José Luis Blázquez Salcedo	X, V: 11:30-13:00 (+ 3 horas online)	jlblaz01@ucm.es	Despacho 4 2ª pl. oeste
D	Federico Finkel Morgenstern	L: 10:00-13:00 y 14:30-16:00 M: 10:00-11:30	ffinkel@fis.ucm.es	20, 2ª Pl. Zona Oeste
E	Manuel Mañas Baena	L: 10:30-13:30 (+ 3 horas online)	manuel.manas@fis.ucm.es	Despacho 10 2ª Oeste
	Mercedes Martín Benito	L: 14:30-16:30, M: 14:00-16:00, J: 12:00-14:00	m.martin.benito@ucm.es	13 2ª pl. oeste

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se seguirá la Modalidad A prevista en el Documento de Medidas extraordinarias de planificación y organización docente para el curso 2020-21 con la metodología propuesta para el Escenario 0. El profesor impartirá las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente solo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. Además, se pondrá a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual y/o páginas web de la asignatura material docente adicional que puede incluir apuntes de la asignatura, ejercicios resueltos, etc.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se impartirán clases telemáticas en directo en sesiones de Google Meet o Microsoft Teams con la metodología propuesta para el Escenario 0 y se pondrán las correspondientes grabaciones en Campus Virtual a disposición de los estudiantes. Además, se pondrá a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual y/o páginas web de la asignatura material docente adicional que puede incluir apuntes de la asignatura, ejercicios resueltos, etc. Las tutorías se harán de la misma manera que en los escenarios anteriores, pero con atención telemática en vez de presencial.

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 ≥ 3.5, 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 2021-22)

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	67.5	37	30.5

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	José A. Rodrigo Martín-Romo			Dpto.	OP
	Despacho	13	e-mail	jarmar@ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	T/P	Dpto.
A	9	L,M J	9:00-10:30 9:00-11:00	Luis Miguel Sánchez Brea	67.5	T/P	OP
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)						
C	11	L,J M	15:00-16:30 15:00-17:00	José A. Rodrigo Martín-Romo	67.5	T/P	OP
D	9	M X V	17:30-19:00 14:30-16:00 14:30-16:30	Luis Lorenzo Sánchez Soto	67.5	T/P	OP
E	11	M X,V	12:00-14:00 12:00-13:30	Gemma Piquero Sanz	67.5	T/P	OP

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Luis Miguel Sánchez Brea	L 15:00-18:00 (presenciales) X 15:00-18:00 (campus virtual)	optbrea@fis.ucm.es	D. 01-D09
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	José A. Rodrigo Martín-Romo	L, M, X: 10:30-12:30	jarmar@ucm.es	Despacho 01-D13
D	Luis Lorenzo Sánchez Soto	L, X, J: 12:00-14:00h	lsanchez@fis.ucm.es	Despacho 01-D3
E	Gemma Piquero Sanz	M,X: 15:00-18:00	piquero@fis.ucm.es	Despacho 01-D11

Programa de la asignatura

1. **Ondas electromagnéticas en el vacío:** Espectro electromagnético. Ondas monocromáticas. Ecuaciones de Maxwell. Vector de Poynting. Ondas electromagnéticas planas. Caracterización de la polarización.
2. **Propagación de la luz en medios homogéneos:** Caracterización óptica de los medios. Índice de refracción. Reflexión y refracción de la luz. Teoría escalar de la propagación de la luz en medios homogéneos.
3. **Interferencias:** Introducción a la teoría de la coherencia. Superposición de campos. Interferómetros**.**
4. **Teoría escalar de la difracción:** Aproximaciones de Fraunhoffer y Fresnel. Poder resolutivo de los instrumentos. Redes de difracción. Introducción al filtrado de frecuencias espaciales.

Bibliografía

Básica

J. M. Cabrera, F. J. López y F. Agulló. Óptica Electromagnética, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington (1993)

J. Casas. Óptica, Librería Pons, Zaragoza (1994)

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)

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)

Born y E. Wolf. Principles of Optics, Cambridge University Press (1999)

K. K. Sharma, Optics, principles and applications, Academic Pres (2006)

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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, 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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Modalidad A: - Los profesores pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual material para seguir las clases teóricas. Las clases serán emitidas de forma síncrona. Los problemas y clases prácticas también estarán disponibles en el Campus, pero se resolverán y discutirán en forma presencial. - Las tutorías se podrán desarrollar de forma presencial o mediante videoconferencia, a través de Campus Virtual de la asignatura, por correo electrónico o mediante cualquier otro procedimiento, previa comunicación al profesor o profesora.
Docencia en línea (Escenario 2)
-Las clases de teoría desarrolladas a distancia se podrán realizar subiendo material (apuntes, presentaciones, vídeos, enlaces, etc.) al Campus Virtual o mediante vídeoconferencias y chats, en el mismo horario que la docencia presencial. -En las clases prácticas, experiencias de cátedra, discusiones dirigidas, exposiciones de trabajos, etc, se podrán realizar también a través del Campus Virtual como en el punto anterior. - Las tutorías se desarrollarán mediante videoconferencia, a través de Campus Virtual de la asignatura, por correo electrónico o mediante cualquier otro procedimiento, previa comunicación al profesor o profesora.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	55%
Se realizará un examen final escrito.		
Otras actividades	**Peso:**	45%
A lo largo del curso, se realizarán 2 ó 3 pruebas escritas, en horario de clase, y otras actividades complementarias, tales como entrega de problemas y ejercicios propuestos por el profesor durante el curso, actividades en el campus virtual, etc.		

Calificación final

Para la calificación contribuyen los siguientes apartados:

* Examen final escrito sobre toda la materia del curso con dos partes independientes: una primera de test o preguntas cortas y una segunda de resolución de problemas.

* Evaluación continua distribuida durante el curso con dos contribuciones:
  - Pruebas parciales escritas de tipo test o preguntas cortas.
  - Otras actividades fuera o dentro del aula.

La nota final sobre 10 será:

$$F = 0.55\ F2 + \mathrm{Max}(0.45\ F1,\ 0.35\ PP + 0.1\ OA)$$

F = Final de la asignatura
F1 = Examen final: parte de test o preguntas cortas.
F2 = Examen final: parte de problemas.
PP = Media de las pruebas parciales.
OA = Otras actividades.
Todas las notas en esta ecuación son sobre 10.

Si tiene la evaluación continua aprobada P ≥ 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 P y OA para la convocatoria extraordinaria de julio serán las mismas obtenidas en la convocatoria de junio.

Grado en Física (curso 2021-22)

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	54	29.5	24.5

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

Eletromagnetismo I, Matemáticas, Cálculo, Álgebra.

Asignaturas en cuyo desarrollo influye

Electrodinámica, Óptica.

Profesor coordinador	José Miguel Miranda Pantoja		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	102	e-mail	miranda@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	L,X	12:00-14:00	José Miguel Miranda Pantoja	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	11	M J	17:00-19:00 16:30-18:30	Pilar Marín Palacios	Todo el semestre	54	T y P	FM
D	9	L X	15:00-17:00 16:00-18:00	Lucas Pérez García	Todo el semestre	54	T y P	FM
E	11	L,X M	9:00-10:30 9:00-10:00	Pedro Antoranz Canales	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas,

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Despacho**
A	José Miguel Miranda Pantoja	L y X 10:30-12:00	miranda@fis.ucm.es	102, 3ª pl. Módulo Este
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Pilar Marín Palacios	L, X, V: 14:00-15:00	mpmarin@ucm.es	103, 2ª pl.
D	Lucas Pérez García	L. 17:00-18:00 X. 14:00-16:00	lucas.perez @fis.ucm.es	210 (2ªplanta)
E	Pedro Antoranz Canales	L y X: 11:00-12:30	antoranz@fis.ucm.es	106.0 3ª pl. Módulo Este

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 y magnetostática. 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, campos y análisis en frecuencia. Radiación generada por corrientes en conductores: parámetros característicos. Radiación de dipolos. Sistemas radiantes de interés práctico.

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

Básica

- Reitz, Milford y Christy. “Fundamentos de la Teoría Electromagnética”. Addison- Wesley.
- Wangsness. “Campos Electromagnéticos”. Limusa.
- Matthew Sadiku. "Elementos de Electromagnetismo", 3ª Ed. Oxford University Press
- D.J. Griffths. “Introduction to Electrodynamics”. Prentice Hall.
- Andrew Zangwill. “Modern Electrodynamics”. Cambridge University press. 2012.
- Nayfeh and Brussel: "Electricity and Magnetism", Wiley (1985)

Complementaria

- F. Sánchez Quesada, L. L. Sánchez Soto, M. Sancho Ruiz y J. Santamaría. “Fundamentos del Electromagnetismo”. Editorial Síntesis.
- Feynman, Leighton y Sands. “Lecturas de Física”, Vol. 2: Electromagnetismo y Materia. Fondo Educativo Interamericano.
- Lorrain y Corson. “Campos y Ondas Electromagnéticas”. Selecciones Científicas

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se utilizará preferentemente la modalidad A, impartiéndose las clases en el régimen habitual y asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Durante las clases presenciales se podrán proponer exámenes parciales por temas. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación interactiva de los estudiantes, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. En caso de que sea necesario las clases presenciales se grabarán y se pondrán a disposición de los alumnos en el Campus Virtual. El material de algunos de los temas podría ser grabado con antelación. En este caso la docencia presencial se dedicaría a resolución de problemas, clases prácticas, etc. Se podrán utilizar, como apoyo, vídeos sobre el temario sacados de internet. Se dispondrán sesiones de tutoría para los alumnos que lo requieran, tanto en los horarios establecidos para ello como por petición previa. Se podrán proponer ejercicios entregables y prácticas de simulación a realizar con software disponible mediante los Servicios Informáticos de la Facultad (Matlab).
Docencia en línea (Escenario 2)
Se desarrollará material docente específico para este escenario y se organizarán seminarios interactivos dentro del horario oficial de la asignatura. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación interactiva de los estudiantes, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. Se dispondrán sesiones de tutoría para los alumnos que lo requieran, tanto en los horarios establecidos para ello como por petición previa. Se podrán proponer ejercicios entregables y prácticas de simulación a realizar con software disponible mediante los Servicios Informáticos de la Facultad (Matlab).

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	80%

Este apartado se evaluará con una puntuación N_{Final} que se obtendrá utilizando las siguientes notas:

- $N_{parcial}$: Nota de un examen parcial voluntario de los cuatro primeros temas
- N_{Ex_final}: Nota del examen final

Si no se hace parcial o no se obtiene en éste una nota igual o superior a 5, $N_{Final} = N_{Ex\_final}$.

En caso contrario, $N_{Final} = N_{EX\_final} + 2 \cdot N_{parcial} /10$, hasta un máximo de 10.

El examen final se hará de todos los temas, independientemente de la nota del parcial. Los exámenes tendrán una parte de cuestiones teórico-prácticas y una parte de problemas.

Otras actividades	**Peso:**	20%

Se podrá obtener hasta 2 puntos realizando las siguientes actividades de evaluación continua:

- Pequeñas pruebas escritas individuales realizadas durante las clases. (15%)
- Participación en clases, seminarios y tutorías. (5%)

Calificación final

La calificación final será la mejor de las opciones:

$$C_{Final} = 0.2N_{Otras\_activ} + 0.8N_{Final} \quad \text{y} \quad C_{Final} = N_{Final},$$

Donde N_{Otras_activ} es la calificación correspondiente a Otras actividades y N_{Final} la obtenida de la realización de exámenes.

El examen extraordinario de julio consistirá en una prueba única de toda la asignatura. La nota de este examen se combinará con la nota de otras actividades, de la misma forma que en la convocatoria ordinaria.

Grado en Física (curso 2021-22)

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	54	29	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.

Profesor/a coordinador/a	Antonio Muñoz Sudupe		Dpto.	FT
	Despacho	5 3ª pl. Oeste	e-mail	sudupe@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	L,M J	10:30-12:00 11:00-12:00	Antonio Muñoz Sudupe	Todo el semestre	54	T y P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	11	X V	15:00-17:00 16:00-18:00	Víctor Martín Mayor	Todo el semestre	54	T y P	FT
D	9	L M J	17:00-18:30 16:30-17:30 15:30-17:00	Víctor Martín Mayor	Todo el semestre	54	T y P	FT
E	11	M V	10:00-12:00 09:00-11:00	Miguel Ángel Martín-Delgado Alcántara	Todo el semestre	33	T y P	FT
				Pablo Antonio Moreno Casares	Todo el semestre	21	P	FT

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Antonio Muñoz Sudupe	M: 12:00-13:30, X: 16:30-18:00 + 3 horas online	sudupe@fis.ucm.es	D5 3ª pl. oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C y D	Víctor Martín Mayor	X: 17:00-18:00, J: 14:30-15:30, V: 15:00-16:00 + 3 horas online	vicmarti@ucm.es	D4 3ª pl. oeste
E	Miguel Ángel Martín-Delgado Alcántara	X, J: 10:00-13:00	mardel@fis.ucm.es	D8 3ª pl. oeste
	Pablo Moreno Casares	V: 11:00-13:00 presenciales X: 13:00-14:00 online	pabloamo@ucm.es	D2 3ª pl. oeste

Programa teórico de la asignatura	Sem*
1. Orígenes y bases experimentales de la Física cuántica. Radiación del cuerpo negro e hipótesis de Planck. Efecto fotoeléctrico. Dispersión Compton. Principio de de Broglie y su confirmación experimental. Experimento de la doble rendija.	1
2. Ecuación de Schrödinger. Interpretación probabilista de la función de ondas y ecuación de continuidad. Valores esperados y su evolución temporal. Paquetes de ondas. Relaciones de indeterminación de Heisenberg.	2
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.	2
4. Formalismo matemático y postulados de la Mecánica cuántica. Espacios de Hilbert. Vectores y estados físicos. Observables y operadores autoadjuntos. Medidas y probabilidad. Reglas de conmu-tación. Evolución temporal y constantes de movimiento. Observables compatibles.	4.5
5. El oscilador armónico unidimensional. Resolución mediante polinomios de Hermite, energías y funciones de onda para los estados ligados. Operadores creación y destrucción y resolución algebraica.	1
6. Problemas tridimensionales. Separación de variables en coor-denadas cartesianas: pozo infinito y oscilador amónico. Potenciales centrales y separación de variables en coordenadas esféricas. Momento angular y armónicos esféricos: relaciones de conmutación, operadores escalón y espectro. Ecuación radial. Átomo de hidrógeno: energías y funciones de onda para los estados ligados. Pozo esférico infinito y oscilador armónico isótropo.	4.5
Sem*: Duración aproximada de cada tema en semanas	

Bibliografía

Básica

1. C. Sanchez del Rio. *Física Cuántica* . Madrid. 1997. Ed. Piramide.
2. S. Gasiorowicz. *Quantum Physics*. Nueva York 2003. Ed. John Wiley.
3. R. M. Eisberg, R. Resnick. *Física Cuántica*. Mexico 1978. Ed. Limusa.
4. D. J. Griffiths. *Introduction to Quantum Mechanics*. Nueva York 1995. Ed. Prentice Hall.

Complementaria

1. S. Flugge. *Practical Quantum Mechanics*. Ed. Springer. 1999.
2. G. L. Squires. *Problems in Quantum Mechanics*. Bangalore 1997. Ed. University of Bangalore Press.
3. I. I. Goldman, V. D. Krivchenkov. *Problems in Quantum Mechanics*. Nueva York 1993. Ed. Dover.
4. L. Landau, E. Lifshitz. *Quantum Mechanics.* Londres 1958. Ed. Pergamon Press.
5. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe. *Quantum Mechanics.* Nueva York 1977. Ed. John Wiley.
6. A. Galindo, P. Pascual. *Mecánica Cuántica*. Madrid 1999. Eudema.

Recursos en internet

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

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Grupos A, C y D: Modalidad A.

1) Se emitirán síncronamente por streaming las clases de teoría y problemas en el aula. Se utilizarán los medios que se encuentren a disposición del profesor.

2) Las tutorías se realizarán preferentemente a través del correo electrónico institucional y mediante la plataforma Google Meet.

Grupo E: Modalidad B.

1) El profesor pone a disposición de los alumnos las grabaciones en vídeo con las explicaciones detalladas del contenido de los temas del programa de la asignatura. Estos vídeos estarán disponibles durante todo el curso y sirven para que los alumnos se construyan sus propios apuntes. Se proporciona material adicional complementario como textos, enlaces en internet y otros documentos de interés.

2) Durante las clases presenciales subsiguientes, se complementa la formación del alumno mediante la repetición de las explicaciones en los vídeos que requieran una mayor atención, se resuelven preguntas sobre cualquier contenido de los mismo y otras cuestiones que proponga el alumno de su propia cosecha, se realizan problemas de la asignatura, ejercicios de autoayuda etc. Los contenidos de estas clases estarán orientados a una evaluación continua del alumnado.

La docencia del grupo B (INGLÉS) se consignará en ficha docente separada complementaria.

Docencia en línea (Escenario 2)
A continuación se describe la docencia en el escenario no-presencial: * Clases grabadas previamente con videos subidos al Campus Virtual. * Apuntes detallados y problemas resueltos, subidos también al Campus Virtual. Se subirán al Campus Virtual vídeos con explicaciones de los apuntes y problemas resueltos. * Se organizarán tutorías y clases de dudas síncronas mediante las herramientas Microsoft Teams del Campus Virtual, Google Meet, Zoom, etc.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
- Los exámenes constarán de cuestiones teóricas, problemas cortos y problemas de mayor extensión con varios apartados - Todas las preguntas serán precisas y concretas, y las respuestas también deberán serlo. - La corrección del examen final dará lugar a una calificación F cuyo valor estará comprendido entre 0 y 10 puntos		
Otras actividades	**Peso:**	30%
Se realizara 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 ademas otras actividades, como presentacion de trabajos, preguntas en clase, etc. Este apartado contara con una calificacion C comprendida entre 0 y 10 puntos.		
Calificación final		
La calificacion final se calculara de acuerdo con la siguiente formula Calificacion final = Maximo { F , 0.7xF + 0.3xC }		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	54	29	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	Piergiulio Tempesta			Dpto.	FT
	Despacho	30 2ª pl. oeste	e-mail	p.tempesta@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	9	X J	10:00 - 12:00 12:00 - 14:00	Miguel Ángel Rodríguez González	Todo el semestre	44	T y P	FT
				Teodor Borislavov Vasilev	Todo el semestre	10	P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	11	L X V	16:30 - 18:00 17:00 - 18:30 15:00 - 16:00	José I. Aranda Iriarte	Todo el semestre	54	T y P	FT
D	9	M J V	15:00 - 16:30 17:00 - 18:30 16:30 - 17:30	Piergiulio Tempesta	Todo el semestre	54	T y P	
E	11	L,X V	10:30 - 12:00 11:00-12:00	Piergiulio Tempesta	Todo el semestre	54	T y P	

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Miguel Ángel Rodríguez González	L, M, X, J: 12:00-13:00 M, X: 16:00-17:30	rodrigue@ucm.es	27 2ª pl, oeste
	Teodor Borislavov Vasilev	X: 14:00-17:00 presencial	teodorbo@ucm.es	Antigua biblioteca Dpto. 3ª pl. oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	José I. Aranda Iriarte	X: 14:00-15:30, V: 11:30- 13:00 (+ 3 horas online)	pparanda@ucm.es	18, 2ª pl. oeste
D y E	Piergiulio Tempesta	L: 14:00-16:00 online presencial: X: 12:00-14:00 y V: 12:00-13:00, 14:00-15:00	p.tempesta@fis.ucm.es	30 2ª pl. oeste

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

- Partial Differential Equations: An Introduction, Walter A. Strauss. John Wiley & Sons
- Introduction to Partial Differential Equations, Peter Olver. Sringer 2016.
- *Ecuaciones en Derivadas Parciales con Series de Fourier y Problemas de Contorno*. Richard Habermann. Prentice Hall
- *Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera.* William E. Boyce y Richard C. DiPrima. Limusa-Wiley, 2016

Complementaria

- *Partial Differential Equations.* Fritz John. Springer
- *FOURIER SERIES.* GEORGI P. TOLSTOV. DOVER
- *Ecuaciones diferenciales, con aplicaciones y notas históricas*. George F. Simmons. McGraw-Hill
- *Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales*. Hans F. Weinberger. Reverté
- *Apuntes de Métodos II (EDPs)*. Pepe Aranda.
  (https://teorica.fis.ucm.es/pparanda/EDPs.html)
- *Ecuaciones Diferenciales II*. Manuel Mañas Baena y Luis Martínez Alonso.
  (http://eprints.ucm.es/31464/1/Manuel.pdf)

Recursos en internet

Se utilizará el Campus Virtual.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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, 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...
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
En todos los grupos se seguirá, al menos parte del curso, la modalidad A con clases semi-presenciales de teoría y problemas, retransmitiendo en directo el audio y la pizarra convencional, virtual o transparencias que se utilicen y resolviendo las dudas planteadas en el aula y a través de internet por el otro subgrupo. Algún grupo podrá pasar a lo largo del curso a la modalidad B, publicando vídeos previamente grabados sobre contenido teórico y/o material práctico en formato audiovisual o escrito, dedicando las horas presenciales a explicaciones teóricas adicionales y a resolver problemas. Las clases, en esencia, se repetirían la semana siguiente para la otra mitad de estudiantes. Las tutorías se desarrollarán presencialmente si las condiciones lo permiten, o a distancia mediante correo electrónico o en sesiones de Microsoft Teams o Google Meet en los horarios establecidos.
Docencia en línea (Escenario 2)
Clases teóricas y de problemas impartidas mediante vídeos colgados en el campus virtual o en streaming mediante uso de herramientas online que se emitirán en el horario de clase y quedarán a disposición de los alumnos en el campus virtual. Se proporcionará material escrito y audiovisual para complementar las clases. Se resolverán dudas por correo electrónico y a través de tutorías en línea en el horario correspondiente.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	65%
El examen final de junio (y extraordinaria de junio-julio) consistirá en la resolución por escrito de problemas similares a los propuestos a lo largo del curso (con formulario y sin calculadora). El examen tendrá una calificación E de 0 a 10 puntos. Una nota $E \geq 5$ supondrá la aprobación de la asignatura. Para poder compensar la nota de exámenes con los puntos obtenidos con las 'otras actividades', esa nota E deberá ser superior a 3.5 puntos.		
Otras actividades	**Peso:**	35%
La nota final A de otras actividades será un número entre 0 y 10 puntos. Esta nota se tendrá en cuenta en la convocatoria extraordinaria de julio.		
Calificación final		
Si E es la nota del examen final y A la nota final de otras actividades, la calificación final CF vendrá dada (si E ≥ 3.5) por la fórmula: CF = máx(0.35*A + 0.65*E, E)		

Grado en Física (curso 2021-22)

Laboratorio de Física II		**Código**	800506	**Curso**	2º	**Sem.**	anual
Módulo	Formación General	**Materia**	Laboratorio de Física	**Tipo**	obligatorio		

	Total	**Teóricos**	**Laboratorio**
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.

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		**Dpto.**	EMFTEL
	Despacho	106.0, 1ª pl. Este	**e-mail**	khayetm@fis.ucm.es
	Elena Díaz García		**Dpto.**	FM
	Despacho	106, 2ª pl. Este	e-mail	elenadg@ucm.es

Teoría – Detalle de profesorado			
Grupo	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A	Mohamed Khayet Souhaimi	7,5	EMFTEL
	Elena Díaz García	4,5	FM
	Álvaro Muñoz Noval	1,5	FM
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**		
C	Mohamed Khayet Souhaimi	7,5	EMFTEL
	Elena Díaz García	4,5	FM
	Álvaro Muñoz Noval	1,5	FM
D	Mohamed Khayet Souhaimi	7,5	EMFTEL
	Elena Díaz García	4,5	FM
	Álvaro Muñoz Noval	1,5	FM
E	Mohamed Khayet Souhaimi	7,5	EMFTEL
	Elena Díaz García	4,5	FM
	Álvaro Muñoz Noval	1,5	FM

	Horarios de teoría. 1er SEMESTRE (clases las 2 primeras semanas)			**Horarios de teoría. 2º SEMESTRE (clases las 3 primeras semanas)**		
Grupo	**Día**	**Horas**	**Aula**	**Día**	**Horas**	**Aula**
A	L	12:00 -13:30	9	L	14:00 -15:00	9
	M	12:00 -13:30	9	M	12:00 -13:30	9
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**					
C	L	14:30 -16:30	**10**	M	14:00 -15:00	**11**
	V	14:00 -15:00	**10**	J	13:30 - 15:00	**11**
D	L	14:30 -16:00	9	X	18:00 -19:00	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 -14:30	11
DG (EyM)				J 27/01/2022	12:00 -13:30	**4A**

Tutorías				
Grupos	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
T	Mohamed Khayet Souhaimi	1er semestre, X: 12:00-15:00 2º semestre, X: 11:0014:00 (+ 3h atención online, campus virtual o correo electrónico)	khayetm@fis.ucm.es	Desp. 106.0 Planta 1 Ala Este
MyO	Elena Díaz García	J: 10.30-13.30 (+3h no pres.)	elenadg@ucm.es	Desp. 106 Planta 2 Ala Este
EyM	Álvaro Muñoz Noval	L, X, V: 13h a 15h	almuno06@ucm.es	Desp. 107 Planta 2 Ala Este

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 L17.

Las calificaciones de los laboratorios obtenidas en el curso 2020-2021 se guardan para el curso 2021-2022 (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.*
- *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	Daniel Nieto Castaño (Termo)	EMFTEL	d.nieto@ucm.es
	César González Pascual (MyO)	FM	cesar.gonzalez@ucm.es
	Fabián Andrés Cuéllar J. (EyM)		facuella@ucm.es
	Óscar Pérez Benito (FQ)	OP	oscper03@ucm.es
L2	María Luisa Lucía Mulas (Termo)	EMFTEL	mllucia@ucm.es
	Ruth Martínez Casado (MyO)	FM	mariarum@ucm.es
	Zouhair Sefrioui (EyM)		sefrioui@ucm.es
	Laura Ares Santos (FQ)	OP	laurares@ucm.es
L3	Paula B. Ibáñez García (1er sem. Termo)	EMFTEL	pbibanez@ucm.es
	José Martín Roca (2º sem. Termo)		josema10@ucm.es
	Jesús Mateos Maroto (1er sem. MyO)	FM	jesmateo@ucm.es
	Alejandra Guedeja-Marrón (2º sem. MyO)		aguedeja@ucm.es
	Fabián Andrés Cuéllar J. (EyM)		facuella@ucm.es
	Óscar Pérez Benito (FQ)	OP	oscper03@ucm.es
L4	Margarita Sánchez Balmaseda (1er sem. Termo)	EMFTEL	msb@ucm.es
	David Pastor Pastor (2º sem. Termo)		dpastor@ucm.es
	César González Pascual (MyO)	FM	cesar.gonzalez@ucm.es
	Fabián Andrés Cuéllar J. (EyM)		facuella@ucm.es
	Óscar Pérez Benito (FQ)	OP	oscper03@ucm.es
L5	Chantal Valeriani	EMFTEL	cvaleriani@ucm.es
	Jesús Mateos Maroto (1er sem. MyO)	FM	jesmateo@ucm.es
	Yuriko Baba (2º sem. MyO)		yuribaba@ucm.es
	Fabián Andrés Cuéllar J. (EyM)		facuella@ucm.es
	Óscar Pérez Benito (FQ)	OP	oscper03@ucm.es
L6	Amparo Izquierdo Gil (1er sem. Termo)	EMFTEL	amparo@ucm.es
	María Luisa Lucía Mulas (2º sem. Termo)		mllucia@ucm.es
	Beatriz Rodríguez Fernández (1er sem. MyO)	FM	berodr03@ucm.es
	Elvira González Herrera (2º sem. MyO)		cygnus@ucm.es
	Pendiente de Asignación (EyM)		
	Óscar Pérez Benito (FQ)	OP	oscper03@ucm.es
L7	Clara Freijo Escudero (1er sem. Termo)	EMFTEL	cfreijo@ucm.es
	Fernando Arias Valcayo (2º sem. Termo)		farias02@ucm.es
	César González Pascual (MyO)	FM	cesar.gonzalez@ucm.es
	Pendiente de Asignación (EyM)		
	Laura Ares Santos (FQ)	OP	laurares@ucm.es
L8	Carlos Miguel Barriuso Gutiérrez (1er sem. Termo)	EMFTEL	carbarri@ucm.es
	Ricardo Brito López (2º sem. Termo)		brito@ucm.es
	Andrey Malyshev (1er semestre MyO)	FM	a.malyshev@ucm.es
	Javier Tornos Castillo (2º semestre. MyO)		jtornosc@ucm.es
	Rainer Schmidt (EyM)		rainer.schmidt@fis.ucm.es
	Laura Ares Santos (FQ)	OP	laurares@ucm.es

Laboratorios – Detalle de profesorado			
Grupo	**Profesor**	**Dpto**	**e-mail**
L9	Loreto García Fernández (1er sem., Termo)	EMFTEL	loreto.garcia@ucm.es
	José Antonio Briz Monago (2º sem., Termo)		josebriz@ucm.es
	Álvaro Peña Moreno (1er sem. MyO)	FM	alvapena@ucm.es
	Javier García Alonso (2º sem. MyO)		jgarci13@ucm.es
	Miguel Romera (EyM)		miromera@ucm.es
	Óscar Pérez Benito (FQ)	OP	oscper03@ucm.es
L10	Carlos Miguel Barriuso Gutiérrez (1er sem., Termo)	EMFTEL	carbarri@ucm.es
	José Antonio Briz Monago (2º sem., Termo)		josebriz@ucm.es
	Álvaro Peña Moreno (1er sem. MyO)	FM	alvapena@ucm.es
	Javier Tornos Castillo (2º sem. MyO)		jtornosc@ucm.es
	Pendiente de Asignación (EyM)		
	José Luis Romero Hervás (FQ)	OP	joselr04@ucm.es
L11	Daniel Sánchez Parcerisa (1er sem. Termo)	EMFTEL	dsparcerisa@ucm.es
	Pablo Galve Lahoz (2º sem., Termo)		pgalve@ucm.es
	Yuriko Baba (1er sem. MyO)	FM	yuribaba@ucm.es
	Alejandra Guedeja-Marrón (2º sem. MyO)		aguedeja@ucm.es
	Rainer Schmidt (EyM)		rainer.schmidt@fis.ucm.es
	Laura Martínez Maestro (FQ)	OP	lauram40@ucm.es
L12	Juan Pablo Miranda López (1er sem., Termo)	EMFTEL	juanpami@ucm.es
	María Luisa Lucía Mulas (2º sem., Termo)		mllucia@ucm.es
	Gabriel Sánchez Santolino (1er sem. MyO)	FM	gabriel.sanchez.sant@ucm.es
	Javier Tornos Castillo (2º sem., MyO)		jtornosc@ucm.es
	Rainer Schmidt (EyM)		rainer.schmidt@fis.ucm.es
	Laura Martínez Maestro (FQ)	OP	lauram40@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	Andrea Espinosa Rodríguez (Termo)	EMFTEL	anespi04@ucm.es
	Ruth Martínez Casado (MyO)	FM	mariarum@ucm.es
	Fabián Andrés Cuéllar J. (EyM)		facuella@ucm.es
	Laura Ares Santos (FQ)	OP	laurares@ucm.es
L16 SÓLO DOBLE GRADO	Álvaro Mas Aguilar (Termo)	EMFTEL	alvmas@ucm.es
	Ruth Martínez Casado (1er sem. MyO)	FM	mariarum@ucm.es
	Alejandra Guedeja-Marrón (2º sem. MyO)		aguedeja@ucm.es
	Fabián Andrés Cuéllar J. (EyM)		facuella@ucm.es
	José Luis Romero Hervás (FQ)	OP	joselr04@ucm.es

Calendario y horario de Laboratorios		Calendario sesiones	Nº	21
Grupo	**Fechas**	**Horas**	**Lab.**	
L1	20/09/21 - 27/09/21 - 04/10/21 - 11/10/21	10:00-13:00	Termo	
	18/10/21 - 25/10/21 - 08/11/21 - 22/11/21	9:30-13:30	MyO	
	31/01/22 - 07/02/22 - 14/02/22	9:30-13:30	MyO	
	21/02/22 - 28/02/22 - 07/03/22 - 14/03/22 - 21/03/22	9:30-13:30	Termo	
	28/03/22, 4/04/22 - 25/04/22	9:30-13:30	EyM	
	Miércoles 23/03/22	9:30-13:30	FQ	
L2	21/09/21 - 28/09/21 - 05/10/21 - 19/10/21	9:30-13:30	MyO	
	26/10/21 - 02/11/21 - 16/11/21 - 23/11/21	10:00-13:00	Termo	
	8/02/22 - 15/02/22 - 22/02/22	9:30-13:30	EyM	
	01/03/22 - 08/03/22 - 15/03/22 - 22/03/22 - 29/03/22	9:30-13:30	Termo	
	05/04/22 - 19/04/22 - 26/04/22	9:30-13:30	MyO	
	Viernes 25/03/22	9:30-13:30	FQ	
L3	22/09/21 - 29/09/21 - 06/10/21 - 13/10/21	10:00-13:00	Termo	
	20/10/21 - 27/10/21 - 03/11/21 - 10/11/21	9:30-13:30	MyO	
	09/02/22 - 16/02/22 - 23/02/22 - 02/03/22- 09/03/22	9:30-13:30	Termo	
	16/03/22 - 23/03/22 - 30/03/22	9:30-13:30	EyM	
	06/04/22 - 20/04/22 - 27/04/22	9:30-13:30	MyO	
	Viernes 01/04/22	9:30-13:30	FQ	
L4	23/09/21 - 30/09/21 - 07/10/21 - 14/10/21	9:30-13:30	MyO	
	21/10/21 - 28/10/21 - 04/11/21 - 11/11/21	10:00-13:00	Termo	
	10/02/22 - 17/02/22 - 24/02/22 - 03/03/22- 10/03/22	9:30-13:30	Termo	
	17/03/22 - 24/03/22 - 31/03/22	9:30-13:30	MyO	
	7/04/22 - 21/04/22 - 28/04/22	9:30-13:30	EyM	
	Miércoles 30/03/22	9:30-13:30	FQ	
L5	22/09/21 - 29/09/21 - 06/10/21 - 13/10/21	9:30-13:30	MyO	
	20/10/21 - 27/10/21 - 03/11/21 - 10/11/21	10:00-13:00	Termo	
	9/02/22 - 16/02/22 - 23/02/22	9:30-13:30	EyM	
	02/03/22 - 09/03/22 - 16/03/22	9:30-13:30	MyO	
	23/03/22 - 30/03/22 - 06/04/22 - 20/04/22 - 27/04/22	9:30-13:30	Termo	
	Martes 22/03/22	09:30-13:30	FQ	
L6	23/09/21 - 30/09/21 - 07/10/21 - 14/10/21	10:00-13:00	Termo	
	21/10/21 - 28/10/21 - 04/11/21 - 11/11/21	9:30-13:30	MyO	
	10/02/22 - 17/02/22 - 24/02/22	9:30-13:30	MyO	
	3/03/22- 10/03/22 - 17/03/22	9:30-13:30	EyM	
	24/03/22 - 31/03/22 - 07/04/22 - 21/04/22 - 28/04/22	9:30-13:30	Termo	
	Martes 29/03/22	9:30-13:30	FQ	
L7	20/09/21 - 27/09/21 - 04/10/21 - 11/10/21	15:00-18:00	Termo	
	18/10/21 - 25/10/21 - 08/11/21 - 22/11/21	15:00-19:00	MyO	
	31/01/22 - 07/02/22 - 14/02/22 - 21/02/22 - 28/02/22	15:00-19:00	Termo	
	07/03/22 - 14/03/22 - 21/03/22	15:00-19:00	MyO	
	28/03/22 - 04/04/22 - 25/04/22	15:00-19:00	EyM	
	Viernes 25/03/22	15:00-19:00	FQ	

Calendario y horario de Grupos de Laboratorios (Continuación)			
Grupo	**Fechas**	**Horas**	**Lab.**
L8	21/09/21 - 28/09/21 - 05/10/21 - 19/10/21	15:00-19:00	MyO
	26/10/21 - 02/11/21 - 16/11/21 - 23/11/21	15:00-18:00	Termo
	08/02/22 - 15/02/22 - 22/02/22 - 01/03/22 - 08/03/22	15:00-19:00	Termo
	15/03/22 - 22/03/22 - 29/03/22	15:00-19:00	EyM
	05/04/22 - 19/04/22 - 26/04/22	15:00-19:00	MyO
	Miércoles 30/03/22	15:00-19:00	FQ
L9	22/09/21 - 29/09/21 - 06/10/21 - 13/10/21	15:00-18:00	Termo
	20/10/21 - 27/10/21 - 03/11/21 - 10/11/21	15:00-19:00	MyO
	09/02/22 - 16/02/22 - 23/02/22 - 02/03/22- 09/03/22	15:00-19:00	Termo
	16/03/22 - 23/03/22 - 30/03/22	15:00-19:00	EyM
	06/04/22 - 20/04/22 - 27/04/22	15:00-19:00	MyO
	Lunes 21/03/22	15:00-19:00	FQ
L10	23/09/21 - 30/09/21 - 07/10/21 - 14/10/21	15:00-19:00	MyO
	21/10/21 - 28/10/21 - 04/11/21 - 11/11/21	15:00-18:00	Termo
	10/02/22 - 17/02/22 - 24/02/22 – 03/03/22- 10/03/22	15:00-19:00	Termo
	17/03/22 - 24/03/22 - 31/03/22	15:00-19:00	MyO
	7/04/22 - 21/04/22 - 28/04/22	15:00-19:00	EyM
	Viernes 01/04/22	15:00-19:00	FQ
L11	20/09/21 - 27/09/21 - 04/10/21 - 11/10/21	15:00-19:00	MyO
	18/10/21 - 25/10/21 - 08/11/21 - 22/11/21	15:00-18:00	Termo
	31/01/22 - 07/02/22 - 14/02/22	15:00-19:00	MyO
	21/02/22 - 28/02/22 - 7/03/22	15:00-19:00	EyM
	14/03/22 - 21/03/22 - 28/03/22 - 04/04/22 - 25/04/22	15:00-19:00	Termo
	Jueves 31/03/22	15:00-19:00	FQ
L12	23/09/21 - 30/09/21 - 07/10/21 - 14/10/21	15:00-18:00	Termo
	21/10/21 - 28/10/21 - 04/11/21 - 11/11/21	15:00-19:00	MyO
	10/02/22 - 17/02/22 - 24/02/22	15:00-19:00	MyO
	3/03/22 - 10/03/22 - 17/03/22	15:00-19:00	EyM
	24/03/22 - 31/03/22 - 07/04/22 - 21/04/22 - 28/04/22	15:00-19:00	Termo
	Miércoles 23/03/22	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)**		
L15 SOLO DOBLE GRADO	01/10/21 - 08/10/21 - 15/10/21 - 22/10/21	10:00-14:00	MyO
	29/10/21 - 05/11/21 - 12/11/21 - 19/11/21	10:00-13:00	Termo
	4/02/22 - 11/02/22 - 18/02/22	13:30-17:30	EyM
	25/02/22 - 04/03/22 - 11/03/22	13:30-17:30	MyO
	18/03/22 - 25/03/22 - 01/04/22 - 22/04/22 - 29/04/22	13:30-17:30	Termo
	Martes 22/03/22	15:00-19:00	FQ
L16 SOLO DOBLE GRADO	01/10/21 - 08/10/21 - 15/10/21 - 22/10/21	10:00-13:00	Termo
	29/10/21 - 05/11/21 - 12/11/21 - 19/11/21	10:00-14:00	MyO
	04/02/22 - 11/02/22 - 18/02/22 - 25/02/22 - 04/03/22	13:30-17:30	Termo
	11/03/22 - 18/03/22 - 25/03/22	13:30-17:30	EyM
	01/04/22 - 22/04/22 - 29/04/22	13:30-17:30	MyO
	Martes 29/03/22	15:00-19:00	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. Conductividad térmica. 5. Propagación de ondas en la superficie del agua. 6. Ondas acústicas. Interferencias. 7. Ondas estacionarias en cuerdas. Armónicos. 8. Repaso de corriente alterna. 9. 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. Entalpía de vaporización del agua	1
8. Curva de vaporización del agua. Diagrama *p-T*	1
9. Conductividad térmica de un material aislante	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
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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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 una semana después de la sesión de laboratorio.

En las sesiones de laboratorio habrá un profesor para ayudar al alumno (explicaciones de las prácticas, dudas, resultados, etc).

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

En las clases de teoría se optará por la modalidad A donde el profesor impartirá las clases presenciales de modo continuo (sin repetir la clase). Mientras un subgrupo recibe clase presencial en el aula, el otro sigue la clase a distancia. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams o Google Meet. El profesor impartirá la clase con presentación en Powerpoint, pizarra tradicional con retransmisión con cámara o con tablet/pizarra electrónica.

Las prácticas de laboratorio se desarrollarán empleando las medidas apropiadas de distanciamiento y protección (uso de mascarillas y gel desinfectante a la entrada y durante el desarrollo de las mismas), en grupos de 16 alumnos como máximo. A continuación, se describen las actuaciones específicas de cada laboratorio.

Laboratorio de Termodinámica

Las prácticas se realizarán por parejas asistiendo ambos con una presencialidad del 100%. Cada instrumento de medida podrá ser manipulado sólo por uno de los dos miembros de la pareja, distribuyéndose las tareas en caso de haber más de un instrumento para garantizar que ambos tienen la oportunidad de realizar parte del trabajo experimental. Es obligatorio que los alumnos hayan leído el guion de cada práctica con anterioridad a su desarrollo.

Laboratorio de Mecánica y Ondas

Las prácticas se realizarán por parejas asistiendo ambos con una presencialidad del 100%. Cada instrumento de medida podrá ser manipulado sólo por uno de los dos miembros de la pareja, distribuyéndose las tareas en caso de haber más de un instrumento para garantizar que ambos tienen la oportunidad de realizar parte del trabajo experimental. Es obligatorio que los alumnos hayan leído el guion de cada práctica con anterioridad a su desarrollo.

Laboratorio de Electricidad y Magnetismo

Las prácticas se realizarán de forma semi-presencial, de forma que para el Grado en Física las prácticas de Medidas eléctricas y Osciloscopio tendrán un parte presencial y otra virtual, mientras que la práctica de Biot-Savart será totalmente presencial. Para el Doble Grado en Física y Matemáticas la práctica de Filtros RC y la mitad de la práctica Construcción de una Fuente DC será virtual, mientras que la otra mitad de la práctica de Fuente DC, y las prácticas de Ciclo de Histéresis y Efecto Hall serán presenciales.

Durante las prácticas presenciales se establecerán dos turnos de 2 horas, con un aforo máximo de 8 estudiantes por turno. Cada pareja se desdoblará para asignar a cada miembro un turno distinto. Durante el primer turno de 2 horas el primer miembro realizará, de forma individual, la práctica que corresponda. A las dos horas el primer turno abandonará el laboratorio y se dará acceso al segundo turno, que realizará exactamente la misma práctica que su pareja. La excepción a esto serán las prácticas de Efecto Hall y Ciclo de Histéresis (Doble grado) que se realizarán simultáneamente por ambos miembros de la pareja, pero en puestos distintos (individuales), haciendo una práctica en el primer turno y la otra en el segundo. Entre ambos turnos se dará un margen de 10 minutos para permitir la ventilación del laboratorio y la desinfección de los equipos.

Las prácticas virtuales no tendrán horario fijo, pero deberán realizarse en común entre ambos miembros de cada pareja empleando los medios telemáticos adecuados (Google Meet, Zoom, Skype, etc). La

entrega del informe deberá realizarse en el mismo periodo que el establecido para el Escenario 0, contando desde el día indicado en la tabla de rotaciones que se publicará en el Campus Virtual, de modo idéntico a las prácticas presenciales. Para estas prácticas se establecerá, en cada grupo, un periodo de dos horas de tutoría no presencial (telemática) a la semana durante el cual los profesores de laboratorio estarán disponibles para la resolución de dudas relacionadas con las mismas.

El informe de todas las prácticas seguirá siendo común, y dado que cada estudiante realiza las mismas medidas, ambos conjuntos de datos (ya sean medidos o simulados) deberán analizarse de acuerdo a lo indicado en el guión.

Con el fin de reducir en lo posible la duración de las sesiones de laboratorio, y limitar así la exposición de los alumnos, se exigirá que éstos hayan leído el guion de cada práctica con anterioridad a su desarrollo. Cada guion de prácticas se acompañará de un cuestionario inicial relativo al contenido de éste, que los alumnos deberán rellenar antes del inicio de cada sesión como condición indispensable para poder acceder al laboratorio.

Laboratorio de Física Cuántica

Las prácticas se realizarán en el Laboratorio de Óptica. La toma de medidas se hará en puestos individuales y con separación adecuada. Adicionalmente, para disminuir el movimiento de estudiantes y simplificar la limpieza dentro del laboratorio, se realizará una única sesión de cuatro horas en la que se realizarán dos prácticas.

Docencia en línea (Escenario 2)
Para las clases de teoría, el profesor proporcionará material de apoyo, así como grabaciones que estarán disponibles en el campus virtual para que los alumnos puedan consultarlas. Se reemplazarán las clases presenciales por videoconferencias empleando herramientas como Microsoft Teams o Google Meet. Estas sesiones se llevarán a cabo dentro del horario de clase de la asignatura. Las prácticas de laboratorio se desarrollarán de forma telemática. A través del Campus Virtual se pondrá a disposición de los alumnos vídeos explicativos de los montajes de cada práctica y la toma de datos. Dichos datos se proporcionarán por separado a cada pareja para el desarrollo de las cuestiones de cada guion, aunque en algunas prácticas se puede pedir a los alumnos que los obtengan empleando programas de simulación. El alumno deberá realizar el informe y contestar a las cuestiones indicadas en los guiones. El calendario de las sesiones de prácticas se mantendrá inalterado mientras dure este Escenario, debiendo los alumnos entregar al profesor de prácticas correspondiente, y por vía telemática, las cuestiones y/o el informe final en el plazo de una semana desde el día en que deba ser realizada cada una de ellas. Los alumnos podrán ponerse en contacto con el profesor de prácticas para solucionar dudas durante dichos plazos. La evaluación de la parte de las prácticas de laboratorio realizadas durante este escenario se limitará a los cuestionarios y/o informe final.

Evaluación: TERMODINÁMICA		
Realización de exámenes	**Peso:**	30%
Examen escrito al final de cada cuatrimestre		
Otras actividades	**Peso:**	70%
Realización de prácticas en el laboratorio. Se entregará un informe escrito de las prácticas realizadas. Los informes deben incluir las medidas realizadas, la estimación de las incertidumbres asociadas y los resultados obtenidos con una discusión de los mismos. En las sesiones de laboratorio el profesor podrá preguntar (oralmente o por escrito) sobre la práctica y podrá calificar 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%
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 podrá preguntar (oralmente o por escrito) sobre la práctica y podrá calificar 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 podrá preguntar (oralmente o por escrito) sobre la práctica y podrá calificar 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 resultados. La calificación final, tanto en primera (junio) como en segunda (julio) 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.

4. English Files for Second Year Subjects

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	67.5	37	30.5

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	Artemio González López		**Dept.**	FT
	Room	29 (2nd West)	**e-mail**	artemio@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	10	Mo, We, Th	10:30-12:00 09:00-11:00 09:00-10:30	Artemio González López	Full term	67.5	T/E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Artemio González López	M: 10:30-13:00 V: 11:00-13:00-14:30-16:00	artemio@ucm.es	29 (2nd West)

Syllabus

1. **Review of Newtonian mechanics**
   Inertial systems and Galilean relativity. Kinematics of a point particle. 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. 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. **Special relativity**
   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-energy equivalence. 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 (http://jacobi.fis.ucm.es/artemio/Notas%20de%20curso/CM.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
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
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.
Semi-online teaching (Scenario 1)
he course will basically follow option A from the document "Medidas Extraordinarias de planificación y organización docente para el curso 2020-21" (https://fisicas.ucm.es/info-coronavirus-fisicas_ucm). Lectures will take place at their scheduled time and classroom attended by a subgroup of the class, which will rotate on a weekly basis. The lectures will be taped and broadcast live via Google Meet, so that the students not able to attend them in person can interact with the instructor and ask questions. The recorded lectures, as well as other didactic material such as lecture notes, solved problems, solved exams from past courses, Mathematica or Maple notebooks, etc., will be available to the students through the UCM's intranet ("Campus Virtual").
Online teaching (Scenario 2)
Lectures will be broadcast live via Google Meet at their scheduled hours and recorded. The recorded lectures, as well as other didactic material such as lecture notes, solved problems, solved exams from past courses, Mathematica or Maple notebooks, etc., will be available to the students through the UCM's intranet ("Campus Virtual"). Office hours will take place individually by email or, when necessary, in Google Meet sessions.

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%
Two or three times during the course, exercises similar to those discussed in problem-solving sessions will be proposed to the class to be individually solved in writing by the students during lecture hours.		
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 2021-22)

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	67.5	37	30.5

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	Mohamed Khayet Souhaimi		**Dept.**	EMFTEL
	Room	106, 1ª planta este	**e-mail**	khayetm@fis.ucm.es

Theory/Exercises – 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	Juan Pedro García Villaluenga	First semester	67.5	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Juan Pedro García Villaluenga	Th: 9:00-12:00 Campus virtual or email (3 h Mo-Fr)	jpgarcia@ucm.es	East wing, 1st floor, room 117

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. Clausium-Clapyeron 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
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
The following formative activities will be developed: * Theory lessons where the main concepts of the subject will be explained (approximately 3 hours per week) * Practical lessons involving resolution of exercises and supervised activities (approximately 2 hours per week) 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.
Semi-online teaching (Scenario 1)
The same activities proposed in the teaching classroom will be developed, but in this case both theory lessons and practical classes of problems and directed activities will be taught following modality A: Teacher will deliver lessons in the classroom to one of the student subgroups while the rest of students attend online. The subgroups will rotate weekly to attend the teaching classroom. To follow online classes, the tools Microsoft Teams of Moodle, Google Meet or similar will be used. These will allow online participation of students along with at least one of the following methods: slides presentation, electronic whiteboard or similar, or traditional class using whiteboard transferred with a camera. Classes will not be recorded. This methodology is subjected to the provision of the necessary equipment by the center. Problem statements will be delivered in advance through the Virtual Campus, as well as the necessary material for teaching the classes. Teacher will organize with the students the face-to-face or online tutoring, at their specified time, in order to answer questions or expand concepts.
Online teaching (Scenario 2)
The same activities proposed in the teaching classroom will be developed, but in this case both theory lessons and practical classes of problems and directed activities will be taught online through the tool Microsoft Teams of Moodle, Google Meet or similar, or through material recorded in advance and made available to the student in the Virtual Campus of the subject. Problem statements will be delivered in advance through the Virtual Campus, as well as the necessary material for teaching the classes. Teacher will organize with the students online tutoring, at their specified time, in order to answer questions or 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. If due to force majeure the face-to-face exam cannot be performed, the online exam will be carried out and it will have the same format as the face-to-face exam.		
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 2021-22)

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	54	29.5	24.5

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	Bianchi Méndez Martín		**Dept.**	FM
	Room	125	**e-mail**	bianchi@fis.ucm.es

Theory/Exercises – 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	Whole semester	40	T/E	FM
				Norbert Nemes	Whole semester	14	T/E	

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	María Varela del Arco	Mo, Tu, We 13:00-14:00	mvarela@ucm.es	Room 117, 3rd floor, East.
	Norbert Nemes	Mo.17:00-18:30, Fr :. 9:00-10:30 online whole course	nmnemes@fis.ucm.es	Room 121, 3rd floor, East.

+ 3 h. online

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
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
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. In addition, students will be provided with self-assessment forms and / or exams of previous calls.
Semi-online teaching (Scenario 1)
Partially in-person teaching will be adapted to the general UCM indications according to the relevant health situation, for example by dividing through each group into subgroups that will alternate between in-person and telematic attendance (e.g. choosing modality A, B, or a mode suggested by the circumstances). Each teacher will decide the way to organize his/her group with respect to partially in-person teaching, as well as the evaluation activities, ensuring that lectures and relevant materials can be followed partially online. This methodology will be continuously reviewed and will be adapted to the particular teaching needs of each group.
Online teaching (Scenario 2)
Online teaching will be adapted as much as possible to the indications of the UCM, according to the relevant health situation at the time. Each teacher will decide how to organize the activities of their group for online teaching, as well as the evaluation activities. Teachers will publicize the appropriate procedure for following the teaching online, through the Campus Virtual for example. The relevant classes or materials will be prepared for online learning, which may include procedures such as streaming the classes synchronously, making the classes available for viewing asynchronously, or others, at the discretion of each teacher. This methodology will be continuously evaluated and adapted to the particular teaching needs of each group.

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. Students will be allowed to write their homework, exams and class exercises both in English and in Spanish. Only students who have attended at least 80% of the classes, except duly justified absences, can obtain a grade in this section.		
Final Mark		
For in-person or partially in-person teaching, 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. In scenario 2 (fully online): Both the evaluation and the relative weights of the continuous evaluation and the final exam will adapted, according to the criteria of each lecturer, to the online methodology followed and to the demands of the health situation. Professors will inform each group as they see appropriate, e.g. through the Campus Virtual.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	54	29	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. Complex variable functions.

Prerequisites

Calculus of one and various real variables functions. Linear algebra.

Coordinator	Federico Finkel Morgenstern		**Dept.**	Theoretical Physics
	Room	Office 20, West wing, 2nd floor.	**e-mail**	ffinkel@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	10	Tu, Wed Fr	12:00-13:00 12:00-13:30 11:00-12:30	Luis J. Garay Elizondo Valentín Boyanov Savov	Whole semester	49,0 5,0	T/E E	Theoretical Physics

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Luis J. Garay Elizondo	We: 9:00-12:00 Fr: 9:00-11:00 & 12:30-13:30	luisj.garay@ucm.es	Office 16, West wing, 2nd floor.
	Valentín Boyanov Savov	Tu, Th: 14:00-15:00 on site Fr: 12:00-13:00 online	vboyanov@ucm.es	Office 15, West wing, 2nd floor

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. Definite and improper integrals using the residue theorem.

Bibliography

- Boyce, W.E., DiPrima, R.C., Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, 11th ed., Wiley, 2016.
- Marsden, J.E. y 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

- https://sites.google.com/site/luisjgaray/

Methodology
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
• Theory lectures to present and explain the basic concepts, examples and apllications (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. • Tutorials for individual students or small groups with the aim of explaining and solving doubts. • Handouts will be available in the web page prior to the corresponding problem-solving sessions as well as other teaching material
Semi-online teaching (Scenario 1)
I will follow "Modalidad A" according to the "Documento de Medidas extraordinarias de planificación y organización docente para el curso 2020-21" with the methodology proposed for "Escenario 0". The professor will give his lectures as usual ("Escenario 0") but only one subgroup of students will attend in person, rotating every week. The rest of the students will follow the lessons online via Microsoft Teams, Google Meet or a similar tool, together with one of the following methods: slide presentations, traditional blackboard (with image broadcast) or other electronic method. Besides, the student will have accesss ---via the web page--- additional teaching material which might include lecture notes, solved exercises, etc.
Online teaching (Scenario 2)
I will give online live lectures via Google Meet or Microsoft Teams with the methodology proposed for "Escenario 0". The corresponding recordings will be available to the students in the "Campus Virtual". Besides, the student will have accesss ---via the web page--- to additional teaching material which might include lecture notes, solved exercises, etc. The tutorials will take place in the same manner as in "Escenario 0" except they will be online.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
Final exam.		
Other Activities	**Weight:**	30%
Problems and exercises evaluated by means of partial exams or by presenting their solution in the classroom.		
Final Mark		
If the final exam score is higher than 3.5, 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 0-10 scale.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	67.5	37	30.5

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	José A. Rodrigo Martín-Romo			**Dept.**	OP
	Room	Despacho 01-D13	**e-mail**	jarmar@ucm.es	

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Mo,Tu Fr	10:30-12:00 10:00-12:00	Ángel S. Sanz Ortiz	Full semester	67.5	T/E	OP

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Ángel S. Sanz Ortiz	We, Th: 10:00-13:00h	a.s.sanz@fis.ucm.es	Office O1-D06 First floor

Syllabus

1.- Electromagnetic waves in vacuum: Electromagnetic spectrum. Monochromatic waves. Maxwell's equations. Poynting vector. Electromagnetic plane waves. Characterization of polarization.

2.- Light propagation through homogeneous media: Optical characterization of media. Refractive index. Reflection and refraction of light. Scalar theory of light propagation through homogeneous media.

3.- Interference: Introduction to the Theory of Coherence. Field superposition. Interferometers.

4.- Scalar theory of Diffraction: Fraunhofer and Fresnel approximations. Resolving power of optical instruments. Diffraction gratings. Introduction to spatial-frequency filtering.

Bibliography

Basic:

A. Ghatak, *Optics* (Tata McGraw-Hill, 6th Ed., 2017).

R. Guenther, *Modern Optics* (John Wiley & Sons, 1990).

E. Hetch, *Optis* (Pearson Addison-Wesley, John Wiley & Sons, 2016).

F.L. Pedrotti, L.M. Pedrotti, L.S. Pedrotti, *Introduction to Optics* (Pearson International Edition, 2006).

Supplementary:

M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics* (Cambridge University Press, 1999).

R. Feynman, *The Feynman lectures on Physics* (New Millenium edition, 2006).

K. K. Sharma, *Optics. Principles and Applications* (Academic Press, 2006).

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

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

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.

Semi-online teaching (Scenario 1)
Modality "A": - Theory lectures and practice sessions (problem solving, experimental demonstrations) will be delivered in person for part of the students. These contents are synchronously broadcast by the telematic means habilitated for the purpose, so that they can also be followed in real time, at a distance, by the other part of the students. All classes will be recorded, so that any student may revisit the contents at any later time. - Tutoring activities will be face to face or online, either with the format of video conferences (through Microsoft Teams, Google Meet, Zoom) upon prior appointment, or by email.
Online teaching (Scenario 2)
- Theory lectures and practice sessions (problem solving and, whenever possible, experimental demonstrations) will be live broadcast, in substitution of all in person teaching activities. All classes will be recorded, so that any student may revisit the contents at any later time. - Given the difficulties entailed by this fully online learning methodology, in case it is needed, an alternative (online) flipped-learning methodology will be implemented instead in order to favor and reinforce the understanding and handling of the physical concepts introduced. To this end, theory will be introduced through pre-recorded shorts, which online classes will be rather devoted to solve practical applications (in the form of problems) and discussions of phenomena and experiments. - All tutoring activities will be online either with the format of video conferences (through Microsoft Teams, Google Meet, Zoom) upon prior appointment, or by email.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	55 %
There will be a written final exam.		
Other Activities	**Weight:**	45 %
Along the term, there might be 2 or 3 written midterm examinations during teaching hours, as well as other supplementary activities, such as delivery of problems and exercises proposed by the teacher, activities through the Virtual Campus, etc.		
Final Mark		
The final mark will comprise the following contributions: * A written final examination covering all the contents delivered in the course, with two independent parts: either a quiz or a test with brief questions, and a problem solving exam. * A summative assessment coming up from two contributions: - Written midterm examinations, each consisting of either a quiz or a test with brief questions. - Other activities performed either in the classroom or outside. The final mark, on a 0-10 scale, will be: $F = 0.55\ F2 + \mathrm{Max}(0.45\ F1, 0.35\ ME + 0.1\ OA)$ F = Final mark. F1 = Final written examination: part concerning the quiz or brief questions. F2 = Final written examination: part concerning the problem solving. ME = Average arising from the written midterm examinations. OA = Other activities. Any mark in the equation is on a 0-10 scale. Should the score obtained from the summative assessment be ME > 5, the part of the final mark concerning the quiz or brief questions F1 can be skipped. Yet the student might carry it out in order to get a higher score. The marks ME and OA considered in the May-June ordinary final exam will also be kept, would it be the case, for the July extraordinary final exam.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	54	29.5	24.5

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	102	**e-mail**	miranda@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Tu,Th	12:00-14:00	Oscar Rodríguez de la Fuente	Whole semester	54	T&E	FM

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Oscar Rodríguez de la Fuente	Tu. 14.00 - 15.00	oscar.rodriguez@fis.ucm.es	218.0 2nd floor, FM

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 and magnetostatics. 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 and frequency analysis. Radiation generated by currents in conductors: characteristic parameters. Dipole radiation. Radiant systems of practical interest.

6.- Electromagnetism and relativity

Lorentz transformations. Space-time structure: interval, light cone, invariant. Four-vectors (position, velocity, moment...). Relativistic electrodynamics. Four-potential. The magnetic field as a relativistic effect. Transformations of the fields. Electromagnetic tensor.

Bibliography

Basic:

- Wangsness. “Electromagnetic Fields”. Wiley.
- D.J. Griffths. “Introduction to Electrodynamics”. Prentice Hall.
- Jackson. "Classical Electrodynamics". Wiley
- Reitz, Milford y Christy. “Foundations of Electromagntic Theory”. Pearson.
- Andrew Zangwill. “Modern Electrodynamics”. Cambridge University Press.

Complementary:

- F. Sánchez Quesada, L. L. Sánchez Soto, M. Sancho Ruiz y J. Santamaría. “Fundamentos del Electromagnetismo”. Editorial Síntesis.
- Feynman, Leighton y Sands. “Lectures on Physics”, Vol. 2: Electromagnetism and Matter. Addison Wesley

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

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

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.

Semi-online teaching (Scenario 1)
Preferably, we will use mode B. The most basic and theoretical parts of the different subjects will be recorded and uploaded to the Campus Virtual (CV) in the form of presentations with voice and pointer. In this way, the students can visualize and study the contents prior to the practical classes. These will be imparted in the classroom, alternating the subgroups of students every week. These practical classes will be devoted to clarify the ideas studied in the CV and to present examples and exercises.
Online teaching (Scenario 2)
In case all the teaching has to be done online, it will be done in the schedule asigned of the group and using the Microsoft Teams tool of Moodle. In this way the students can participate synchronously and ask questions in real time. The presentations will be done with slides and, at times, with an electronic blackboard. Deliverable hands-on exercises will be done through the CV, using the Tarea tool Tutorships will be available online as well, via Microsoft Teams or Meet.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	80%
The grade N_{final} of this part (Exams) will be obtained using the following scores: ○ $N_{partial}$: Grade of a mid-course and voluntary exam of the first four topics. ○ N_{Ex_final}: Grade of the final exam. If the student doesn´t make the mid-course exam or its grade is below 5, $N_{Final} = N_{Ex\_final}$. If not, $N_{Final} = N_{EX\_final} + 2 \cdot N_{partial} /10$, up to a maximum grade of 10. The final exam will include all the contents of the course, regardless of the grade of the mid-course exam. The exams will include i) a first part containing qualitative and short problems and/or theoretical questions and ii) a second part with problems.		
Other Activities	**Weight:**	20%
Regarding continuous assessment, up to 2 points (in a 0-10 scale) can be obtained with the following activities: • Short exercises and testsin the Campus Virtual (15%) • Preparation of short classroom presentations about specific issues on electromagnetism (5%)		
Final Mark		
The final course mark (F) will be the highest of the following: $C_{Final} = 0.2N_{Other\_activ} + 0.8N_{Final}$ and $C_{Final} = N_{Final}$, where N_{Other_activ} is the grade from *Other Activities* and N_{Final} is the grade obtained from the exams (see the notes above). The July exam (extraordinary examination) will consist in a single test of the whole subject. The grade obtained in this exam will be combined with the grades of the rest of the activities, in the same way as in the ordinary examination.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	54	29	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, Mathematical Methods I and II.

Coordinator	Antonio Muñoz Sudupe		**Dept.**	FT
	Office	5 3rd floor. West wing	**e-mail**	sudupe@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	**7**	Mo,Tu Fr	9:00-10:30 9:00-10:00	Carmelo Pérez Martín	Full term	54	T/E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Carmelo Pérez Martín	Tue & Thu: 11:00-14:00	carmelop@fis.ucm.es	Office 10. 3rd floor. West wing

Syllabus

1.- Experimental outcomes and the dawn of Quantum Physics. Black body radiation and Planck's hypothesis. The Photoelectric effect. Compton scattering. The de Broglie's principle and its experimental verification. The double slit experiment.

2.- The Schroedinger equation. The probabilistic interpretation of the wave function and the continuity equation. Mean values and time evolution. Wave packets. The Heisenberg's uncertainty principles.

3.- One-dimensional problems. Stationary states and the time independent Schroedinger equation.

Bound states and Scattering states. Potential Wells and barriers. Reflection and transmission coefficients. The Tunnel effect.

4.- The mathematical formalism of Quantum Mechanics and The Quantum Mechanics postulates.

Hilbert spaces. Vectors and quantum states. Physical magnitudes and Self-adjoint operators. Measurements and probability. Commutation rules. Time evolution and conserved quantities. Compatible observables.

5.- The one-dimensional harmonic oscillator. Solving the Hamiltonian eigenvalue problem by using the Hermite polynomials. The algebraic resolution of the Hamiltonian eigenvalue problem: the creation and annihilation operators.

6.- Three-dimensional problems. Separation of variables in Cartesian coordinates: The infinite well and the harmonic oscillator. Central potentials and separation of variables in spherical coordinates.

The angular momentum and the spherical harmonics: commutation relations, ladder operators and

The spectrum. The radial equation. The hydrogen atom: energies and bound state wave functions.

The infinite spherical well and the isotropic harmonic oscillator.

Bibliography

Basic:

1. S. Gasiorowicz. Quantum Physics. New York 2003. John Wiley.
2. R. M. Eisberg, R. Resnick. Quantum Phys ics: of atoms, molecules, solids, nuclei and particles. New York 1985. John Wiley.
3. D. J. Griffiths. Introduction to Quantum Mechanics. New York 1995. Prentice Hall.

Complementary:

1. S. Flugge. Practical Quantum Mechanics. Springer. 1999.
2. G. L. Squires. Problems in Quantum Mechanics. Bangalore 1997. University of Bangalore Press.
3. I. I. Goldman, V. D. Krivchenkov. Problems in Quantum Mechanics. New York 1993. Dover.
4. L. Landau, E. Lifshitz. Quantum Mechanics. London 1958. .Pergamon Press.
5. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe. Quantum Mechanics. New York 1977. John Wiley.
6. A. Galindo, P. Pascual. Quantum Mechanics I and II. Berlin 1990. Springer-Verlag

Online Resources

UCM Virtual Campus

Methodology
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
A) Blackboard lectures and exercise solving classroom sessions with the following aims - Explain the chief experimental results which gave rise to the advent of Quantum Physics and the new ideas and concepts that the latter involves. - That the student grasps and masters the basic computational tools of Quantum Physics. - That the student masters the quantum ideas and concepts by conducting solving- exercise sessions and by discussing examples in the classroom. B) Exercise sheets will be handed down to students so that they can practice and put to work the ideas, concepts and techniques that will be introduced during course. That the student participates in discussions in the classroom and attends tutorials will be very much encouraged.
Semi-online teaching (Scenario 1)
Group B: Modality B. * Partially classroom-based lectures on problem resolution, practical cases, etc. repeating these activities for every subgroup. The audio and the blackboard projection will be broad-casted live via internet. The lectures will be recorded and made available in the Virtual Campus for later asynchronous consultation. * Previously, the corresponding theoretical lectures will be made available for the students in the Virtual Campus This necessary theoretical matterial to understand the classroom-based lectures will be provided beforehand (flipped classroom). It will mainly consist of videos with the explanations of the professor. * The students will be provided with practical worksheets before solving them at class. * There will be in-person tutorials if appropriate and always keeping the due health and safety measures. Alternatively, they will be via electronic mail, videos or syncronous streaming tools (Microsoft Teams, Google Meet, etc.). Online tutorials will be conducted within the schedule established for them by the each professor.
Online teaching (Scenario 2)
Guidelines for the non-classroom-based scenario: * Previously recorded video-lectures will be uploaded to the Virtual Campus. * Tests with detailed notes and practical problem solutions, uploaded to the Virtual Campus. Videos with the explanations of the notes and the resolution of the practical problems will be uploaded to the Virtual Campus. * Synchronous tutorials and classes will be organized via Microsoft Teams, Google Meet, Zoom, etc. They will be recorded and made available in the Virtual Campus for later asynchronous consultation.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
-The exams will involve theoretical questions, short problems and longer problems with several parts. -All questions will be accurate and to the point and so the corresponding answers should be. -The final exam will be marked with a figure, say F, between 0 and 10, both inclusive.		
Other Activities	**Weight:**	30%
A mid-term exam will be run. The lecturer may propose --if he or she so wishes and time permits it-- other activities such as essay presentations by the students, questions put to the students in the classroom, et cetera. This activity will be graded with a figure, say C, between 0 and 10, both inclusive.		
Final Mark		
The final mark will be worked out by using the following formulan Final mark = maximum {F, WM} where WM = 0.7 F + 0.3 C , and F and C are defined above.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	54	29	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	Piergiulio Tempesta		**Dept.**	FT
	Room	23, 2nd floor West	**e-mail**	p.tempesta@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Mo Th	12:00-14:00 10:00-12:00	Manuel Mañas Baena	Full semester	42	T/E	FT
				Mindaugas Karciauskas	Full semester	12	E	

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Manuel Mañas Baena	Tu, We, Fr: 12:00 - 13:00 (+ 3 h online)	manuel.manas@ucm.es	Office 10 2nd floor West
	Mindaugas Karciauskas	We: 14:00-17:00 + 3 h online	mindaugas.k@ucm.es	234.0 3ª planta, oeste

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

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

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.

Semi-online teaching (Scenario 1)

All groups, in at least part of the course, will follow modality A with semi-face-to-face theory and problem classes, live broadcasting the audio and the standard or digital blackboard or transparencies that are used, as well as solving the doubts raised in the classroom and through the internet in the other subgroup.

Throughout the course, some group may pass to modality B, publishing in advance recorded videos on theoretical content and / or practical material in audiovisual or written format and dedicating the face-to-face hours to additional theoretical explanations and, above all, to solving more problems. Classe, in essence, would be repeated the following week for the other half of students.

Tutorials sessions will be carried out in person if the conditions allow it, or remotely by email or in Microsoft Teams/Google Meet sessions at the established times.

Online teaching (Scenario 2)
Theoretical classes and problems taught through videos posted on the Moodle facility, or streaming through the use of online tools that will broadcast during class time and will be available to students on Moodle. Written and audiovisual material will be provided to complement the classes. Questions will be resolved by email and through online tutoring at the corresponding time.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	65%
The final exam (ordinary or extraordinary in July) consists in the resolution of a number or practical problems that the student must solve using the knowledge learned throughout the course. The mark of the exam, say *E,* will vary from 0 to 10. A score *E* bigger than 5 means that the student has passed the subject. In other to apply the marks obtained in other activities the mark *E* must be bigger than 3.5.		
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 grade *A* of other activities will be a number between 0 and 3.5 points. This note will be considered in the extraordinary call for July.		
Final Mark		
If *E* is the score of the final exam and *A* the final grade of other activities, the final grade C_F will be given (if $E \geq 3.5$) by the following formula $$C_F = \text{Max}\ (A + 0.65 * E,\ E)$$		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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		**Dept.**	EMFTEL
	Room	106.0, 1st Floor, East	**e-mail**	khayetm@fis.ucm.es
	Elena Díaz García		**Dept.**	FM
	Room	10, 2nd Floor, East	**e-mail**	elenadg@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	7.5	EMFTEL
				Andrey Malyshev	3.0	FM
	7	(sem.2) Th Fr	9:00-10:00 12:00-13:30	Ruth Martínez Casado	1.5	FM
				Álvaro Muñoz Noval	1.5	FM

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Mohamed Khayet Souhaimi	1st semester, We: 12:00-15:00 2nd semester, We: 11:00-14:00 (+ 3h online, campus virtual or email)	khayetm@fis.ucm.es	Room 106.0, 1st Floor, East
	Andrey Malyshev	Th: 10.00-13.00 (+3h online)	a.malyshev@ucm.es	Room 126,0 2nd Floor, East
	Ruth Martínez Casado	Th: 10.00-13.00 (+3h online)	mariarum@ucm.es	Room 107.0 2nd Floor, East
	Álvaro Muñoz Noval	Mo, We, Fr: 13h-15h	almuno06@ucm.es	Room 107.0 2nd Floor, East

Laboratories – Groups in English and Teaching staff			
Group	**Professor**	**Dpto**	**e-mail**
L13	Mohamed Khayet Souhaimi (1st sem. Thermo.)	EMFTEL	khayetm@fis.ucm.es
	Atreyee Sinha (2nd semester. Thermo.)		atreyee.sinha@gmail.com
	Ándrey Malyshev (1st semester. M&W)	FM	a.malyshev@ucm.es
	Ruth Martínez Casado (2nd semester. M&W)	FM	mariarum@ucm.es
	Rainer Schmidt (E&M)	FM	rschmidt@ucm.es
	Luis Lorenzo Sánchez Soto	OP	lsanchez@fis.ucm.es
L14	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@ucm.es
	Rainer Schmidt (E&M)	FM	rschmidt@ucm.es
	Luis Lorenzo Sánchez Soto	OP	lsanchez@fis.ucm.es

Laboratories in English- Schedule: Dates and Hours		# sessions	21
Group	**Dates**	**Hours**	**Lab**
L13	Sep. 21st/21, Sep. 28th/21, Oct. 05th/21, Oct. 19th/21	15:00-18:00	Thermo
	Oct26th/21, Nov02nd/21, Nov16th/21, Nov23rd/21	15:00-19:00	M&W
	Feb8th/22, Feb15th/22, Feb22nd/22	15:00-19:00	E&M
	Mar1st/22, Mar8th/22, Mar15th/22	15:00-19:00	M&W
	Mar22nd/22, Mar29th/22, Apr05th/22, Apr19th/22, Apr26th /22	15:00-19:00	Thermo
	Mar28th/22	15:00-19:00	QP

L14	Oct20th/21, Oct27th/21, Nov03rd/21, Nov10th/21	15:00-18:00	Thermo
	Sep22nd/21, Sep29th/21, Oct06th/21, Oct13th/21	15:00-19:00	M&W
	Feb9th/22, Feb16th/22, Feb23rd/22	15:00-19:00	E&M
	Mar2nd/22, Mar9th/22, Mar16th/22	15:00-19:00	M&W
	Mar23rd/22, Mar30th/22, Apr06th/22, Apr20th/22, Apr27th/22	15:00-19:00	Thermo
	Mar24th/22	15:00-19:00	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 L17.

Marks obtained in laboratory courses in the academic year 2020-2021 will be retained for 2021-2022 (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 conductivity. 5. Propagation of surface waves in water. 6. Acoustic waves. Interference. 7. Stationary waves on a string. Harmonics. 8. Revision of alternating current. 9. 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. Enthalpy of vaporization of water	1
8. Water vaporization curve. *p-T* diagram	1
9. Thermal conductivity of an insulating material	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

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

The course has classroom lectures during the first weeks of each semester, and 21 laboratory sessions.

The lectures will deal with Experimental Thermodynamics, Mechanics and Waves, Electricity and Magnetism, as well as basic statistics and data analysis. Laboratory work and safety will also be reviewed.

Students in pairs will perform practicals in the various laboratories. These pairs will be the same for all the laboratory courses throughout the academic year. The guides to the different laboratory practicals are available to students in advance at the UCM Campus Virtual. Students are expected to read and carefully study these guides before attempting the laboratory work.

At all laboratory sessions a designated instructor will be present to assist the students (with further explanations, answering questions, results, and so on).

Semi-online teaching (Scenario 1)

Theory classes will be given in mode A, in which the teacher gives the classes without repeating them. While one subgroup receives the face-to-face class in the classroom, the other will follow the class remotely. To monitor the class remotely, Microsoft Teams or Google Meet will be used. The teacher will teach the class with a PowerPoint presentation, a traditional blackboard retransmitted on video, or an electronic tablet / whiteboard.

The laboratory practicals will be performed with appropriate protection measures (use of masks and disinfectant gel at the start and during the practicals). Groups will contain at most 16 students. The specific actions of each laboratory are described below.

Thermodynamics Laboratory

The practicals will be carried out in pairs, both attending with 100% attendance. Each measuring device may only be handled by one of the two members of the pair. Tasks will be divided between the members of the pair to ensure that both have the opportunity to carry out part of the experimental work. In order to reduce the duration of the laboratory sessions as much as possible, students will be required to have read the laboratory guide to the practical before attending the session.

Mechanics and Waves Laboratory

The practicals will be carried out in pairs, both attending with 100% attendance. Each measuring device may only be handled by one of the two members of the pair. Tasks will be divided between the members of the pair to ensure that both have the opportunity to carry out part of the experimental work. In order to reduce the duration of the laboratory sessions as much as possible, students will be required to have read the laboratory guide to the practical before attending the session.

Electricity and Magnetism Laboratory

The practicals will be performed in a blended mode, so the Electrical measurements and Oscilloscope practicals will have a laboratory part and a virtual part, while the Biot-Savart practical will be performed solely at the laboratory.

Each 4-hour laboratory session will be divided into two shifts of 2 hours each, with a maximum student capacity of eight students per turn. Each partner (member) of each couple will be assigned a different turn. The first partner will perform the corresponding practical during the first turn, for the first two hours. After that period of time she/he will abandon the laboratory and the second partner will access the laboratory to perform the exact same practical during the last two hours. Between both turns a period of 10 minutes will be left to ventilate and disinfect the laboratory.

The virtual part of the practicals can be performed at any time but must be done simultaneously by both partners of each couple, using the appropriate online communication tools (such as Google Meet, Zoom, Skype, etc.). Nonetheless, the consolidated practical report (virtual part + laboratory part) must be delivered within the same period of time stablished in Scenario 0: one week after the day the laboratory part was performed. Each laboratory teacher will assign a period of 2 (online) office hours per week to solve any questions/issues related to the practicals.

The laboratory report will still be performed in pairs, since for the laboratory practicals each student has performed the same set of measurements, both data series (whether measured or simulated) will be used in the report.

In order to reduce the duration of the laboratory sessions, and thus avoid any unnecessary exposition, every student must read the corresponding practical guides before starting each laboratory session. Each practical will be accompanied by a questionnaire regarding the content of the practical that the students must complete before the start of each session, as an essential condition to enter the laboratory.

Quantum Physics Laboratory

The practicals will be carried out in the Optics Laboratory. Measurements will be taken individually and with adequate separation. Additionally, to reduce the movement of students and simplify the cleaning tasks, the initial two-hour sessions have been regrouped into a single four-hour session. The new schedule (date and hours) is Apr29th/21 from 15:00 to 19:00.

Online teaching (Scenario 2)

For the theory classes, the teacher will provide support material and recordings on the Virtual Campus for students to consult. In-person classes will be replaced by videoconferences using tools such as Microsoft Teams or Google Meet. These sessions will be held according to the timetable of the subject.

Laboratory practicals will be carried out telematically. Through the Virtual Campus, videos explaining the setup of each practical, and the form of data collection, will be made available to students. Data will be provided separately to each pair to allow them to respond to the questions in the lab guide, although in some practicals students may be asked to obtain them using simulation programs. The student must prepare the report and answer the questions indicated in the lab guide.

The calendar of the practicals will remain unchanged for the duration of this Scenario, and the students must hand in the questionnaires and/or the final report telematically to the lab instructor within one week of the day the practical was performed. Students may contact the instructor to ask questions during these periods.

The evaluation of the laboratory practicals carried out during this scenario will be limited to the questionnaires and/or final report.

Grading: THERMODYNAMICS		
Exams	**weight:**	30%
There is a written thermodynamics final at the end of each semester, as scheduled by the Dean		
Other activities	**weight:**	70%
Laboratory experiences 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 short discussion. The Professor assigned to the laboratory group will grade the reports. Additionally, during lab sessions, the professor may ask questions (either orally or in writing) about the experience, and grade the student answers 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%
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 may ask questions (orally or in writing) about the practical, which may also be included in the evaluation. The final grade will consist of a weighted combination of these components, provided that all exam 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 may ask questions (either orally or in writing) about the practical, and grade the student 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 (June) and second (July) chance. For the second chance exam only the discipline (either thermo or M&W) failed in the first chance need to be retaken.

5. Fichas de las asignaturas de tercer curso

Grado en Física (curso 2021-22)

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	54	29	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 M. Rodríguez Parrondo		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	216 (3ª)	e-mail	parrondo@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	6	M,J	9:00-11:00	Francisco J. Cao García	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	6	M,J	15:00-17:00	Juan M. Rodríguez Parrondo	Todo el semestre	39	T	EMFTEL
				Tabanera Bravo, Jorge	Todo el semestre	15	P	EMFTEL
D	5	X,V	15:30-17:30	Navarro Lérida, Francisco	Todo el semestre	54	T y P	FT
E	5	L M,J	16:30-17:30 17:30-19:00	Óscar Moreno Díaz	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco J. Cao García	M y J: 11:00-12:30 Contactar por correo electrónico	francao@fis.ucm.es	3ª pl, central - Pasillo Norte (sin número de local)
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Juan M. Rodríguez Parrondo	X: 16:00-18:00 M,J: 17:00-19:00	parrondo@ucm.es	216 (3ª Pl. Módulo Central)
	Tabanera Bravo, Jorge	X:16:00-18:00 J:17:00-18:00	jorgetab@ucm.es	204. 3ª Planta Módulo Central
D	Francisco Navarro Lérida	L: 11:00-12:00 y 15:00-17:00 X: 11:00-14:00	fnavarro@fis.ucm.es	25 3ª Planta Oeste
E	Moreno Díaz, Óscar	L: 17:30-19:00 M: 19:00-20:30 (del 06/09/21 al 07/11/21) M y J: 19:00-20:30 (del 08/11/21 al 17/12/21)	osmoreno@ucm.es	3ª pl, central-Pasillo Norte (sin número de local)

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

Programa de la asignatura

• Momento angular de espín. Repaso de la teoría del momento angular orbital. Evidencias experimentales del espín electrónico: efecto Zeeman y experimento de Stern-Gerlach. Descripción no relativista de una partícula de espín s=1/2.

Propiedades generales del espín.

• Evolución temporal y medida en sistemas de dos niveles. Representación matricial de operadores. Producto tensorial. Imagen de Heisenberg. Noción de matriz densidad. Entrelazamiento.

• Teoría general del momento angular.

- Definición general del momento angular. Espectro del operador momento angular. Representación matricial de las componentes del momento angular

- Introducción del problema de la adición de momentos angulares. Composición de dos momentos angulares; coeficientes de Clebsch-Gordan. Ejemplos: composición de dos espines s=1/2, el momento angular total de una partícula **J=L+S**.

• Partículas idénticas en mecánica cuántica. El problema de la indiscernibilidad de partículas idénticas en mecánica cuántica. Sistema de dos partículas. Simetría de intercambio de la función de onda de dos espines 1/2: estados singlete y triplete. Postulado de (anti)simetrización. Fermiones y Bosones. Principio de exclusión de Pauli.

• Métodos aproximados.

- **Teoría de perturbaciones estacionarias.** Exposición del método: casos degenerado y no degenerado. Ejemplos simples. Estructura fina del átomo de hidrógeno.

- **Método variacional.** Introducción del método. Teoremas variacionales básicos. Funciones de prueba. Ejemplos simples.

- **Teoría de perturbaciones dependientes del tiempo.** Exposición del método. Aproximaciones súbita y adiabática. Caso de una perturbación armónica. Regla de oro de Fermi. Transiciones y 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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

• 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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Grupos C, D, E y F. Modalidad A: clases semi-presenciales de teoría y de problemas donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones. Dependiendo de los grupos y del equipamiento audiovisual del aula, se retransmitirá por internet en directo el vídeo de la clase o el audio junto con la proyección de transparencias o pizarra virtual.

El grupo A probablemente opte por la modalidad B. El profesor pondrá a disposición de los estudiantes en el campus virtual el material necesario para entender la teoría que incluirá explicaciones grabadas y dedicará las clases presenciales a resolución de problemas, casos prácticos, etc, repitiendo estas actividades presenciales para cada subgrupo.

Docencia en línea (Escenario 2)

Clases teóricas y de problemas impartidas mediante vídeos que se pondrán a disposición de los alumnos o, en la medida de lo posible, se emitirán en el horario de clase. Se realizarán tutorías en línea en el horario correspondiente y se proporcionará material escrito y audiovisual para complementar las clases.

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 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, 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 2021-22)

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	54	29	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	114	e-mail	brito@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	6	L X	09:00-11:00 10:30-12:30	García Payo, Mª Carmen	Todo el semestre	54	T	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	6	X,V	15:00-17:00	Brito López, Ricardo	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
D	5	X,V	17:30-19:30	Valeriani, Chantal	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
E	5	M,J	15:30:17:30	Brito López, Ricardo	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	García Payo, Mª Carmen	L: 15:00-16:30 X: 12:30 – 14:00 + 3h no presenciales	mcgpayo@ucm.es	207.0 Decanato.1ª-Módulo Central.
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C y E	Brito López, Ricardo	1er cuatrimestre: X y V: 12:00 – 13:30 2º cuatrimestre: X y J: 12:00-13:30	brito@fis.ucm.es	Despacho:114.0. (1ª Planta Este)
D	Valeriani, Chantal	M y J: 13:00-14:30	cvaleriani@ucm.es	D. 119, 1ª pl. Este Y por Google meet

Programa de la asignatura

1.- Introducción a la Física Estadística

Introducción y objetivos de la asignatura. Descripciones mecánica y termodinámica de los sistemas macroscópicos.

2.-Fundamentos de Física Estadística.

Hipótesis fundamentales de la Física Estadística: sistemas clásicos y cuánticos. Concepto de ergodicidad. Límite termodinámico.

3.-Colectividad Microcanónica.

Espacio de fases y estados cuánticos de un sistema macroscópico. Entropía y temperatura. Aplicación al gas ideal clásico y al paramagnetismo.

4.- Colectividad Canónica.

Distribución de Boltzmann. Función de partición. Potencial de Helmholtz. Teorema de equipartición. Aplicaciones: gas ideal clásico, fotones y fonones.

5.- Colectividad Macrocanónica.

Potencial químico. Distribución macrocanónica. Potencial de Landau. Valor medio y dispersión del número de partículas. Equivalencia de colectividades.

6.- Gases ideales cuánticos.

Estadísticas cuánticas: bosones y fermiones. Estadística de los números de ocupación. Límite clásico. Desarrollos del virial.

7.- Gas ideal de Bose-Einstein.

Condensación de Bose Einstein. Temperatura y densidad críticas. Propiedades termodinámicas del gas de Bose-Einstein.

8.- Gas ideal de Fermi-Dirac.

Gas de electrones en los metales. Función y temperatura de Fermi.

Bibliografía

Básica:

- W. Greiner, L. Neise y H. Stöcker, Thermodynamics and Statistical Mechanics, Springer (1995).
- R. K. Pathria, Statistical Mechanics, Butterworth (2001).
- C. F. Tejero y M. Baus, Física Estadística de Equilibrio. Fases de la Materia, ADI (2000).
- C. F. Tejero y J. M. R. Parrondo, 100 Problemas de Física Estadística, Alianza Editorial (1996).

Complementaria:

- K. Huang, Statistical Mechanics, Wiley (1987).
- J. Ortín y J. M. Sancho, Curso de Física Estadística, Publicacions i Edicions, Universitat de Barcelona (2006).
- J. J. Brey, J. de la Rubia Pacheco, J. de la Rubia Sánchez, Mecánica Estadística, UNED Ediciones (2001)

Recursos en internet

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
Las actividades de formación consistirán en: • Lecciones de teoría donde se expondrán los conceptos de la asignatura y se realizarán los desarrollos teóricos. • Clases prácticas de aplicaciones o de resolución de problemas y actividades dirigidas. Los estudiantes dispondrán de una colección de problemas desde el principio de curso que cubrirán todos los temas del programa.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se optará por la modalidad A donde el profesor impartirá las clases presenciales de modo continuo (sin repetir la clase). Mientras un subgrupo recibe clase presencial en el aula, el otro sigue la clase a distancia. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Google Meet. El profesor impartirá la clase de pizarra tradicional con retransmisión con cámara o con tablet/pizarra electrónica.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se proporcionará material de apoyo, así como grabaciones que estarán disponibles en el campus virtual para que los alumnos puedan consultarlas. Se reemplazarán las clases presenciales por videoconferencias empleando herramientas como Microsoft Teams o Google Meet, donde avanzar en el temario de la asignatura y tratar las dudas de los alumnos. Estas sesiones se llevarán a cabo dentro del horario de clase de la asignatura.

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		
La calificación final será $N_{Final}=0.8N_{Exámen}+0.2N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. Para aprobar la asignatura será necesario que la nota del examen sea superior a 4 puntos. Si la calificación final es inferior a la nota del examen, se tomará como nota final la nota del examen. La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	S.N.	e-mail	facuella@ucm.es	
	Mª Cruz Navarrete Fernández			Dpto.	OP
	Despacho	O1-D08	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	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)			
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 2021/22 (tres primeras semanas)				
Grupo	**Día**	**Horas**	**Aula**	**Tutorías**
A	OPT: 6/09, 8/09, 13/09, 15/09, 20/09, EyM: 22/09	L: 16:30-18:00 X: 9:00-10:30	**6**	Electricidad y Magnetismo: Fabián Andrés Cuéllar J. Lab. Mater. Complejos, pl. 3 norte, V: 11:00-13:00. No presenciales bajo demanda. 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: 11:00-14:00. No presenciales J 11:00-14:00.
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	OPT: 7/09, 9/09, 14/09, 16/09, 21/09; EyM: 23/09	M: 13:30-15:00 J: 13:30-15:00	**2**	
D	OPT 8/09, 10/09, 15/09, 17/09, 22/09; EyM: 24/09	X: 13:30-15:00 V: 13:30-15:00	**2**	
DG (DGrado)	EyM: 10/09	V: 10:30-12:00	**7**	

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: 13 sep. a 13 dic.	9:00 – 13:00 (lunes)	Mª Cruz Navarrete (11, R) Alfredo Luis (11, R)	Óptica
O2	Lunes: 13 sep. a 13 dic.	14:00 – 18:00 (lunes)	José A. Rodrigo (11, R) Enar Franco (11)	Óptica
O3	Martes: 14 sep. a 30 nov. y 14 dic.	9:00 – 13:00 (martes)	Josué Blanco (11, R) Óscar Pérez (9) Verónica Pastor (2)	Óptica
O4	Martes: 14 sep. a 30 nov. y 14 dic.	17:00 – 21:00 (martes)	Rosario Martínez-Herrero (11,R) Óscar Martínez (11)	Óptica
O5	Miércoles: 15 sep. a 6 oct., 20 oct. a 3 nov. y 17 nov. a 15 dic.	9:00 – 13:00 (miércoles)	Jesús del Hoyo (11, R) Javier Vargas (11, R)	Óptica
O6 (inglés)	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
O7	Jueves: 16 sep. a 7 oct, 21 oct. a 4 nov, 18 nov a 2 dic y 16 dic	9:00 – 13:00 (jueves)	Gemma Piquero (11, R) Rosario Martínez-Herrero (8) Verónica Pastor (3)	Óptica
O8 (DG)	Jueves: 16 sep. a 7 oct, 21 oct. a 4 nov, 18 nov a 2 dic y 16 dic	15:00 – 19:00 (jueves)	Óscar Martínez (11, R) Enar Franco (4) Mª Cruz Navarrete (3) Tatiana Alieva (2) Verónica Pastor (2)	Óptica
O9	Viernes: 17 sep. a 8 oct, 22 oct. a 5 nov, 19 nov a 3 dic y 17 dic	9:00 – 13:00 (viernes)	Alfredo Luis (11, R) Mª Cruz Navarrete (11, R)	Óptica
O10	Viernes: 17 sep. a 8 oct, 22 oct. a 5 nov, 19 nov a 3 dic y 17 dic	14:00 – 18:00 (viernes)	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	13, 20, 27 Oct.,y 3 Nov.	9:30 a 13:30	Yanicet Ortega yanicet@fis.ucm.es	FM
E2	13, 20, 27 Oct. y 3 Nov.	15:00 - 19:00	Alberto Rivera alberto.rivera@ucm.es	FM
E3	7, 14, 21 y 28 Oct.	9:30 a 13:30	Elena Navarro enavarro@ucm.es	FM
E4	7, 14, 21 y 28 Oct.	15:00 - 19:00	Alberto Rivera alberto.rivera@ucm.es	FM
E5	8, 15, 22 y 29 Oct.	9:30 a 13:30	Leonor Chico leochico@ucm.es	FM
E6	8, 15, 22 y 29 Oct.	15:00 - 19:00	Yanicet Ortega yanicet@fis.ucm.es	FM
E7	19, 26 Oct; 2 y 16 Nov.	9:30 a 13:30	Gabriel Sánchez gsanchezsantolino@ucm.es	FM
E8	19, 26 Oct. 2 y 16 Nov.	15:00 - 19:00	Victor Rouco vrouco@ucm.es	FM
E9	10, 17, 24 Nov. y 1 Dic.	9:30 a 13:30	Yanicet Ortega yanicet@fis.ucm.es	FM
E10	10, 17, 24 Nov y 1 Dic.	15:00 - 19:00	Víctor Rouco vrouco@ucm.es	FM
E11	4, 11, 18 y 25 Nov.	9:30 a 13:30	Gabriel Sánchez gsanchezsantolino@ucm.es	FM
E12	4, 11, 18 y 25 Nov.	15:00 - 19:00	Pilar Marín mpmarin@fis.ucm.es	FM
E13 (inglés)	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)			
E14	19, 26 Nov., 3 y 10 Dic.	9:30 a 13:30	Leonor Chico leochico@ucm.es	FM
E15 (DG)	14, 21, 28 Sept. y 5 Oct.	15:00 - 19:00	Miguel Romera miromera@ucm.es	FM
E16 (DG)	15, 22, 29 Sept. y 6 Oct.	15:00 - 19:00	Miguel Romera miromera@ucm.es	FM
E17	8, 22, 29 Nov. y 13 Dic.	9:30 a 13:30	Yanicet Ortega yanicet@fis.ucm.es	FM
E18	8, 22, 29 Nov. y 13 Dic.	15:00 - 19:00	Gabriel Sánchez gsanchezsantolino@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	1
3. Interferómetro de Fabry-Perot	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	1
3. Medidas en el espacio de frecuencias: análisis de Fourier y resonancia de ondas electromagnéticas	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. Medidas en el espacio de frecuencias: análisis de Fourier y resonancia de ondas electromagnéticas	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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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

Durante las sesiones prácticas los alumnos tendrán que responder a una serie de preguntas enumeradas, a lo largo de los guiones de prácticas. Estas respuestas se entregarán al profesor responsable de cada grupo, dentro de la semana siguiente de haber realizado cada sesión 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 “Resonancia en circuitos RLC y filtros”, 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.**

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Electricidad y Magnetismo

En esta situación los alumnos realizarán las prácticas de laboratorio de forma presencial, como en el caso anterior, pero empleando las medidas apropiadas de protección, incluyendo el uso de mascarillas quirúrgicas y gel desinfectante a la entrada y durante el desarrollo de las mismas, el respeto de la distancia de seguridad y grupos de 16 alumnos como máximo. Al contrario que en el escenario 0, en el escenario 1 cada instrumento de medida sólo podrá ser manipulado por uno de los dos miembros de la pareja, distribuyéndose las tareas en caso de haber más de un instrumento para garantizar que ambos tienen la oportunidad de realizar parte del trabajo experimental.

Con el fin de reducir en lo posible la duración de las sesiones de laboratorio, y limitar así la exposición de los alumnos, se exigirá que éstos hayan leído el guion de cada práctica con anterioridad a su desarrollo. Cada guion de prácticas se acompañará de un cuestionario inicial relativo al contenido del mismo que los alumnos deberán rellenar antes del inicio de cada sesión, como condición indispensable para poder acceder al laboratorio. Además, se realizará un descanso intermedio de 10 minutos a las dos horas de cada sesión para permitir la correcta ventilación de la sala.

Óptica

En el caso de mantenerse las medidas de distanciamiento social asociadas a la pandemia del COVID-19 el tamaño del laboratorio de Óptica y el número de sesiones a realizar harán necesaria una

reestructuración de esta parte de la asignatura, que pasará a ser semipresencial. El calendario de sesiones se mantendrá, pero de las 11 sesiones de cuatro horas 6 serán presenciales en el Laboratorio de Óptica y 5 serán de docencia no presencial. Se distribuirá un calendario con la asignación de alumnos y días concretos.

Docencia presencial: los alumnos realizarán 10 prácticas y un examen de laboratorio. En esta parte de la asignatura serán atendidos por uno de los dos profesores de su grupo.

Docencia no presencial: en esta parte los alumnos estarán atendidos por el otro profesor del grupo mediante sesiones concertadas de Microsoft Teams en el mismo horario del laboratorio. En estas sesiones se explicarán los experimentos a realizar y también detalles concretos de los experimentos ya realizados y de los informes a entregar.

El desglose de tareas a realizar es el siguiente:

- Trabajo previo: manejo del material disponible (guiones y videos) y realización de cuestionarios sobre los mismos en los casos que se considere. Asistencia a las clases no presenciales.
- Laboratorio (individual): realización de las prácticas en sesiones de 2 horas (las sesiones estarán agrupadas de dos en dos con el fin de disminuir el número de desplazamientos a la facultad).
- Informe y cuestiones adicionales (por parejas): los alumnos tendrán que entregar un informe de cada práctica al profesor responsable de grupo incluyendo la contestación a las preguntas que aparecen en los guiones asociados a las prácticas realizadas. Únicamente se evaluarán las contestaciones a los puntos de los cuestionarios que aparecen en los guiones. En las clases no presenciales también se realizará un seguimiento de estas entregas.

Docencia en línea (Escenario 2)

Electricidad y Magnetismo

Las prácticas se desarrollarán de forma telemática. A través del Campus Virtual se pondrá a disposición de los alumnos vídeos explicativos de los montajes de cada práctica y la toma de datos. Dichos datos se proporcionarán por separado a cada pareja para el desarrollo de las cuestiones de cada guion, aunque en algunas prácticas se puede pedir a los alumnos que los obtengan empleando programas de simulación. En este escenario no será necesario contestar al cuestionario inicial, **pero sí a las cuestiones indicadas en los guiones**.

El calendario de las sesiones de prácticas se mantendrá inalterado mientras dure el Escenario 2, debiendo los alumnos entregar al profesor de prácticas correspondiente, y por vía telemática, las cuestiones y/o el informe final en el plazo de una semana desde el día en que deba ser realizada cada una de ellas. Los alumnos podrán ponerse en contacto con el profesor de prácticas para solucionar dudas durante dichos plazos.

La evaluación de las prácticas realizadas durante este escenario se limitará a los cuestionarios y/o informe final.

Óptica

Este escenario se activará en caso de ser necesario el cierre temporal de la facultad y/o el Laboratorio de Óptica por motivos relacionados con la pandemia. En este escenario las prácticas se desarrollarán de forma telemática. Además del material ya incluido para el formato semipresencial, a través del Campus Virtual se pondrá a disposición de los alumnos datos sintéticos y material adicional para poder cubrir la parte de realización de los experimentos y de los informes. El calendario de las sesiones de prácticas se mantendrá inalterado mientras dure el Escenario 2 y los alumnos asistirán a clases no presenciales síncronas.

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 facuella@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 el curso 2019-20 o en el curso 2020-21 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 %
Al final del cuatrimestre 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. En caso de no ser posible realizar el examen de forma presencial por encontrarse activo el escenario 2, éste se realizará de forma telemática a través de un cuestionario abierto en el Campus Virtual para tal efecto, empleándose la herramienta de Google Meet para la identificación por vídeo de los estudiantes y para el seguimiento en directo de la prueba durante el transcurso de la misma. Cada estudiante deberá tener acceso a una webcam y contar con un micrófono que les permita identificarse al inicio de la misma, así como plantear dudas relativas a la prueba. Las sesiones de Google Meet se grabarán y se conservarán hasta el cierre de actas como documento acreditativo en caso de aparecer problemas de conexión o de cualquier otro tipo.		
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		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	28.5	14.5

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 (historia, observación astronómica), planetas (del Sistema Solar, extrasolares), estrellas (el Sol, parámetros, evolución estelar), galaxias (Vía Láctea, galaxias externas), el Universo (estructura, cosmología)

Conocimientos previos necesarios

Conocimientos de Física general.

Profesor/a coordinador/a	Jesús Gallego Maestro		Dpto.	FTA
	Despacho	Dpcho. 5, Pl. baja Oeste	e-mail	j.gallego@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	6	M V	11:00-12:30 09:00-10:30	Jesús Gallego Maestro	43	FTA
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)					
C	6	M, J	17:00-18:30	Mª Ángeles Gómez Flechoso	43	FTA
D	6	L,J	11:00-12:30	Sergio Pascual Ramírez	43	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Jesús Gallego Maestro	1er C: M: 12.00h-13.30h V: 11.00-12.30h Resto on line	j.gallego@ucm.es	Dpcho. 5, Pl. baja Oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Mª de los Ángeles Gómez Flechoso	M, J: 13.00h-14.30h Resto on line	magflechoso@ucm.es	Despacho 16, Pl. baja Oeste
D	Sergio Pascual Ramírez	M, V: 12.00h-13.30h	sergiopr@fis.ucm.es	Despacho 3, Pl. baja Oeste

** 3 h. no presenciales: Horas de tutorías no presenciales a través de correo, campus virtual, ..., en días lectivos*

Programa de la asignatura

I. **Introducción**
1. Historia de la Astronomía
2. Observación Astronómica

II. **Estrellas**
3. El Sol
4. El Sistema Solar
5. Parámetros Estelares
6. Formación Estelar
7. Exoplanetas
8. Evolución Estelar
9. La Muerte de la Estrellas

III. **Galaxias**
10. La Vía Láctea
11. La Naturaleza de las Galaxias
12. Dinámica y Evolución de Galaxias
13. Galaxias Activas

IV. **El Universo**
14. La Estructura del Universo
15. Cosmología

Apéndice: Esfera Celeste

Bibliografía

- "*Universe*", de R.A. Freedman, R.M. Geller y W.J. Kauffmnn III, editorial W.H. Freeman & Co., 10ª edición (2013)
- "An Introduction To Modern Astrophysics", de B.W. Carroll y D.A. Ostlie, editorial Addison-Wesley, 2ª edición (2007)
- "Fundamental Astronomy", de H. Karttunen y col. editorial Springer, 5ª edición (2007)

Recursos en internet

A través del campus virtual de la asignatura se proporcionarán enlaces actualizados para todos los temas.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
Las clases se desarrollarán con lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Modalidad A: Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente (o según marque la Facultad) cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de las clases a distancia se utilizarán herramientas como Moodle (Teams), Google Meet, etc., que permitan la participación de los estudiantes a distancia, junto con presentaciones de diapositivas, pizarra electrónica o pizarra tradicional retransmitida por cámara. Las clases y presentaciones se podrán grabar para su posterior incorporación al Campus Virtual, quedando supeditada esta posibilidad a las normas y procedimientos que en su momento dicte la UCM.
Docencia en línea (Escenario 2)
Clases online síncronas. Si las condiciones de conectividad no lo permiten, se realizarían de forma asíncrona. Se proporcionarán videograbaciones y material de apoyo que estarán disponibles en el campus virtual para que los alumnos puedan consultarlos durante el curso. Además, se llevarán a cabo seminarios empleando herramientas como Moodle o Google Meet, donde avanzar en el temario de la asignatura, tratar las dudas de los alumnos y fomentar la interacción profesor-alumno. Todas las clases y sesiones se llevarán a cabo dentro del horario de clase de la asignatura y se grabarán para que estén a disposición de los alumnos en el campus virtual, siempre que así lo permitan las condiciones de conectividad y según los procedimientos arbitrados por la UCM.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen 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 on-line y problemas a través del campus virtual.		
Calificación final		
La calificación final se calculará como: $N_{Final}=0.7N_{Examen}+0.3N_{OtrasActiv}$, donde N_{Examen} y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0 a 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 2021-22)

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	43	30	13

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	115	e-mail	arana@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	7	M V	11:00-12:30 9:00-10:30	Rocío Ranchal Sánchez	Todo el semestre	43	T/P/S	FM
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	5 6	L V	17:30-19:00 17:00-18:30	Ana Irene Urbieta Quiroga	Todo el semestre	43	T/P/S	FM

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Rocío Ranchal Sánchez	X, V: 10:30-12:00 +3h On line	rociran@ucm.es	118B (2ªplanta)
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)			
C	Ana Irene Urbieta Quiroga	L, X, J: 11:00-13:00	anaur@fis.ucm.es	Despacho 105 2ª Planta

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.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
• 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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Grupo A. Modalidad A: Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes, que rotará semanalmente. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia con herramientas como Google Meet, Microsoft Teams o similar. Para el seguimiento de la clase se emplearán diversas herramientas que faciliten, además, la interacción del subgrupo de alumnos que deba seguir la clase a distancia. Grupo C. Modalidad B: Las clases presenciales se dedicarán a resolución de problemas, casos prácticos, trabajo en grupo, etc, repitiendo estas actividades para cada subgrupo. Previamente, se pondrá a disposición de los estudiantes en el campus virtual el material necesario para entender la teoría en la que se basarán las clases presenciales (clase invertida).
Docencia en línea (Escenario 2)
En el campus virtual se añadirán vídeos, apuntes, transparencias, artículos y material bibliográfico para que los alumnos puedan desarrollar las competencias requeridas para superar la asignatura. Además del material suministrado en el campus virtual en forma asíncrona, se realizará una o dos sesiones de telepresencia por semana en el horario de la asignatura para que los alumnos puedan intercambiar dudas e ideas tanto con la profesora como entre ellos mismos. La profesora indicará por email a los alumnos cada semana los temas a desarrollar durante esa semana con objeto de aprovechar mejor dichas sesiones. Los alumnos deberán entregar a través del campus virtual o por mail las tareas entregables que se utilizarán para realizar la evaluación. La mayoría de estas tareas se desarrollarán en grupo.

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, 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.		
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 julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Mecánica de Medios Continuos		Código	800518	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	43	28.5	14.5

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	Gregorio Maqueda Burgos		Dpto.	FTA
	Despacho	219.0	e-mail	gmaqueda@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	7	L J	11:00-12:30 12:30-14:00	Gregorio Maqueda Burgos	43	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Gregorio Maqueda Burgos	M: 11.00h-13.00h J: 10.00h-11.00h	gmaqueda@ucm.es	219. 4ª Planta (centro-sur)

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. Círculo de Mohr.

3. **Deformaciones. 3.1 Teoría de Elasticidad Elemental**. Deformación lineal y por cizalla. Coeficiente de Poisson. Dilatación térmica: Termoelasticidad. Flexión y momento flector.
   3.2 Deformación tridimensional. Descripciones Lagrangiana y Euleriana. Desplazamiento y deformación. Tensor de deformación. 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 la ecuación de N-S. 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.
9. **Otros comportamientos del medio continuo.** Comportamiento plástico. Ecuaciones de plasticidad. Fluidos Viscoelásticos. Modelos sencillos.

Bibliografía

BÁSICA

Y. 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.

E. Levi, Mecánica del Medio Continuo. Ed. Limusa, México. 1974.

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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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 o problemas para su realización por parte de los alumnos según los temas del programa teórico. Algunos de ellos se realizarán en el aula con la participación de los alumnos y explicaciones del profesor con la utilización de la pizarra, fundamentalmente. Otros problemas serán para entrega en el CV y formará parte de Otras Actividades dentro de los métodos de evaluación.

El Campus Virtual será una herramienta de comunicación importante para proporcionar documentación, entrega de ejercicios, realización de cuestionarios y para información general. Además, se hará énfasis en importancia de la asistencia a las clases presenciales y la utilización de tutorías pesonalizas, muy útiles para aclarar dudas.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)
En este caso, esta asignatura utilizará la Modalidad A para docencia semi-presencial, de tal forma que las clases teóricas y de ejercicios prácticos se desarrollarán en el aula de la misma forma que en el Escenario 0, añadiendo la retransmisión en 'streaming', a través de las herramientas disponibles, para los alumnos que deban seguirlas en remoto o que no puedan asistir a la clase por circunstancias relacionadas con la situación sanitaria. Las sesiones serán grabadas y quedarán disponibles en el Campus Virtual. Se utilizarán presentaciones que podrán compartirse con los alumnos en remoto y la pizarra podrá seguirse mediante la cámara instalada al efecto. En el resto de actividades, como entrega de ejercicios y tutorías, seguirá utilizándose la misma metodología, con una intensificación del uso del CV y con sesiones de videoconferencia personalizadas para la atención de tutorías.
Docencia en línea (Escenario 2)
En el caso de docencia en línea, el desarrollo de todo el curso será mediante sesiones de videoconferencia, clases teóricas grabadas y máxima utilización del Campus Virtual. Las sesiones de vídeoconferencia síncronas, podrán utilizarse para el desarrollo de las clases teóricas (alternadas con grabaciones asíncronas) dedicándose especialmente a la resolución de dudas y presentación en vivo de los ejercicios y problemas previstos para realización en clase. Se mantiene la disponibilidad de documentación en el CV, como presentaciones de las clases, entrega y resolución de ejercicios, así como, la utilización de cuestionarios. Las tutorías, en este escenario, serán, necesariamente, a través de correo electrónico y entrevistas por vídeollamada.

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. Su calificación se valorará sobre 10.		
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: $C_{Final} = 0.70 \cdot N_{Exam} + 0.30 \cdot N_{OA}$ (si $N_{Exam}>=3,5$) $C_{Final} = N_{Exam}$ (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 2021-22)

Física Computacional		Código	800520	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS	6	4	2	
Horas presenciales	43	28.5	10	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	Jacobo Ruiz de Elvira Carrascal		Dpto.	FT
	Despacho	4, pl. 2 oeste	e-mail	jacobore@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	6	X V	12:30-14:00 10:30-12:00	Jacobo Ruiz de Elvira Carrascal	38.5	FTe
B	6	L X	15:00-16:30 17:00-18:30	Jacobo Ruiz de Elvira Carrascal	38.5	FTe

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A y B	Jacobo Ruiz de Elvira	M,X,J: 10:00-12:00	jacobore@ucm.es	4, pl. 2 O

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
LA1	M2	A las 16:00 h, los días: 21-10-21, 11-11-21, 09-12-21.	Isidoro González-Adalid Pemartín	4.5	FT
LA2	M2	A las 17:30 h, el 22-10-21. A las 16:00 h los días: 12-11-21, 10-12-21.	Isidoro González-Adalid Pemartín	4.5	
LB1	M2	A las 16:00 h, los días: 14-10-21, 16-11-2021, 14-12-21.	Isidoro González-Adalid Pemartín	4.5	
LB2	M2	A las 16:00 h, los días: 15-10-21, 18-11-21, 16-12-21.	Isidoro González-Adalid Pemartín	4.5	

Programa de la asignatura

Métodos numéricos para ecuaciones algebraicas
- Cálculo de los ceros de una función.
- Métodos para sistemas de ecuaciones lineales
- Método para sistemas de ecuaciones no lineales.

Métodos numéricos para problemas diferenciales de valores iniciales
- Métodos de Euler, predicción-corrección, Runge-Kutta, etc. Error y estabilidad absoluta.
- Aplicaciones.

Métodos numéricos para problemas diferenciales de contorno
- Método del disparo.
- Métodos de diferencias finitas.
- Aplicaciones.

Integración numérica
- Aproximación de funciones por polinomios interpolantes y su error.
- Regla Trapezoidal y de Simpson. Cuadratura Gaussiana.

Métodos de Monte Carlo
- Sucesiones de números aleatorios.
- Aplicaciones.

Prácticas

Cada alumno realizará 3 prácticas relacionadas con el temario de la asignatura utilizando Python, Maple, Matlab,…

Bibliografía

Básica
- M. Newmann. Computational Physics. University of Michigan.
- P. O. J. Scherer: “Computational physics: simulations of classical and quantum systems”, Springer (2010).
- T. Pang: “An Introduction to Computational Physics”. Cambridge (1997).
- R. J. Schilling, S. L. Harris “Applied Numerical Methods for Engineers”. Brooks/cole (2000).
- R.H. Landau, M. J. Páez, C.C. Bordeianu, “Computational Physics: Problem Solving with Computers. Wiley (2007).
- R.H. Landau, M. J. Páez, C.C. Bordeianu, “A Survey of Computational Physics”, Princeton (2010).

Complementaria
- W. H. Press, S. Teukolsky, W. Vetterling y B. Flannery: “Numerical recipies in C, The art of scientific computing”, CUP (Cambridge 1992).

Recursos en internet
Utilización del Campus Virtual.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
Las clases serán **teóricas, prácticas** y de **laboratorio**. En las 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. Para ello 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 guión elaborado por el profesor.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Tras la división en subgrupos, el profesor impartirá las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. Las clases quedarán grabadas y las grabaciones y presentaciones se pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.
Docencia en línea (Escenario 2)
La docencia a distancia consistirá en la combinación de sesiones con telepresencia de los estudiantes junto con el uso de material de apoyo, que será puesto a disposición de los alumnos a través de Campus Virtual. El material de apoyo incluirá clases explicativas grabadas con antelación. Tanto las actividades a realizar como las sesiones de telepresencia serán anunciadas con suficiente antelación. Las actividades con telepresencia tendrán lugar durante el horario oficial de la asignatura publicado en la Guía Docente, para evitar posibles incompatibilidades con los horarios de los alumnos. Las actividades con telepresencia se grabarán para que los alumnos puedan acceder a ellas en caso de que no puedan conectarse en línea en el momento en el que estén teniendo lugar. Las tutorías se atenderán bien de forma individual o bien en grupo mediante el uso de las herramientas Google meet o similar.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen será sobre cuestiones prácticas y problemas.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30 %
Pruebas individuales realizadas durante la clase.		
Calificación final		
La calificación final será $$N_{Final} = 0.7\ N_{Examen} + 0.3\ N_{OtrasActiv}\ ,$$ donde N_{Examen} 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 2021-22)

Historia de la Física		Código	800523	Curso	3º	Sem.	1º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	43	28.5	14.5

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.
- 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	Mª Julia Téllez y Pablo		Dpto.	FTA
	Despacho	113	e-mail	jutellez@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	6	M V	12:30-14:00 12:00-13:30	Téllez y Pablo, Mª Julia	43	FTA
B	5	L X	15:00-16:30 14:00-15:30	Téllez y Pablo, Mª Julia	43	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A y B	Téllez y Pablo, Mª Julia	M: 11:00h-12:30h X: 12:30h-14:00h	jutellez@fis.ucm.es	Dpcho. 113, 4ª Pl. Este

Programa de la asignatura

1. INTRODUCCIÓN.

   Definición de Ciencia. ¿Qué es la Física? Objeto y metodología. Problemas epistemológicos.

2. CIENCIA ANTIGUA.

   Egipto y Mesopotamia. Los filósofos jonios. La escuela de Pitágoras. Los eléatas. El periodo ateniense: el problema de la materia, los atomistas. Filosofía ateniense. Matemáticas y astronomía. La escuela de Alejandría: Euclides, el tamaño de la Tierra y del universo, Arquímedes, astronomía geocéntrica.

3. CIENCIA EN LA EDAD MEDIA.

   Muerte de la ciencia alejandrina: Roma, el pensamiento cristiano. La edad oscura. La ciencia árabe. La escuela hispano-musulmana. Resurgimiento de la cultura en Europa. Decadencia del escolasticismo.

4. LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA DEL RENACIMIENTO.

   Geometría celeste: Copérnico, Brahe, Kepler. Astronomía heliocéntrica. La recepción del heliocentrismo. Galileo: descubrimientos astronómicos, defensa del heliocentrismo, proceso y condena.

5. DESARRROLLO DE LA FÍSICA CLÁSICA.

   5.1. MECÁNICA.

   Los inicios de la nueva mecánica: Galileo. El reduccionismo mecanicista de Descartes. Newton: leyes de la mecánica, gravitación, filosofía de la ciencia. El determinismo de Laplace. Mecánica celeste.

   5.2. ÓPTICA Y LUZ.

   El telescopio. Leyes de reflexión y refracción. Medidas de la velocidad de la luz. Naturaleza de la luz. Newton, Huygens, Young, Fresnel.

   5.3. CALOR Y TERMODINÁMICA.

   Temperatura. Naturaleza del calor. Teoría del flogisto. Termodinámica. Teoría cinética del calor. Mecánica estadística. Maxwell. Boltzmann

   5.4. ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO.

   Primeros descubrimientos. Electrostática. Electrodinámica. Electromagnetismo. Faraday. Maxwell.

6. LAS REVOLUCIONES DEL SIGLO XX.

   Relatividad. Física cuántica. Caos determinista.

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Las actividades se realizarán durante el horario oficial de la asignatura. Cuando al estudiante le corresponda el turno no presencial seguirá la clase a distancia y podrá intervenir y participar en las actividades mediante Microsoft Teams, Google Meet o similar. Las contenidos de la teoría, que se presentarán mediante diapositivas, se irán intercalando con sesiones prácticas dedicadas a la lectura, análisis y comentario de textos.
Docencia en línea (Escenario 2)
Las actividades se realizarán durante el horario oficial de la asignatura. Los estudiantes seguirán las clases a distancia y podrán intervenir y participar en las actividades mediante Microsoft Teams, Google Meet o similar. Las contenidos de la teoría, que se presentarán mediante diapositivas, se irán intercalando con sesiones prácticas dedicadas a la lectura, análisis y comentario de textos.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Se realizará un examen final. El examen constará de dos partes: una tipo test (40% de la nota del examen final) y otra de preguntas de mayor desarrollo (60% de la nota del examen final).		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
- Pruebas escritas tipo test en horario de clase. - Entrega individual de ejercicios, comentarios de textos y breves ensayos.		
Calificación final		
La calificación final será: CFinal=0.6NEx_Final+0.4NOtrasActiv, Donde NOtrasActiv es la calificación correspondiente a Otras Actividades de evaluación y NFinal la obtenida en el examen final, siempre que la calificación de NEx_Final sea igual o mayor que 4,0. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	54	29	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	Miguel Ángel González Barrio		Dpto.	FM
	Despacho	116 (2ªplanta)	e-mail	mabarrio@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	8	L,J	12:00-14:00	María Varela del Arco	Alternarán clases a lo largo del cuatrimestre	39	T/P	FM
				Francisco Domínguez-Adame Acosta		15	T/P	FM
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	L X V	9:00-10:30 9:00-10:00 9:00-10:30	Miguel Ángel González Barrio	Todo el semestre	54	T/P	FM
D	8	L X	15:00-17:00 14:30-16:30	Jacobo Santamaría Sánchez Barriga	Alternarán clases a lo largo del cuatrimestre	40	T/P	FM
				Carlos León Yebra		14	T/P	FM
E	10	M, V	13:30-15:30	Patricia de la Presa Muñoz de todo	Alternarán clases a lo largo del cuatrimestre	39	T/P	FM
				Miguel A. Romera Rabasa		15	T/P	FM

T:teoría, P:práctica

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	María Varela del Arco	L, M, X. 13:00-14:00	mvarela@fis.ucm.es	117 (3ªplanta)
	Francisco Domínguez-Adame Acosta	L, M , X. 09:00-11:00	adame@fis.ucm.es	123 (2ªplanta)
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Miguel Ángel González Barrio	L. 10:00-12:00 X. 15.00-17:00 J. 10:30-12:30	mabarrio@fis.ucm.es	116 (2ªplanta)
D	Jacobo Santamaría Sánchez-Barriga	L,X,J: 18:00-20:00	jacsan@fis.ucm.es	Despacho 118, 3ª Planta
	Carlos León Yebra	L, M, X. 11.00-13.00	carlos.leon@fis.ucm.es	Despacho 119, 3ª Planta
E	Patricia de la Presa Muñoz de Toro	M, V. 15.30-17:00	pmpresa@ucm.es	113 (2ªplanta)
	Miguel A. Romera Rabasa	X. 11:00-14:00 +3h On Line	miromera@ucm.es	Seminario 2.2 2ª planta norte

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
- 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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Grupos C y E: se utilizará la modalidad A. Las clases presenciales no se grabarán y se retransmitirán en tiempo real al subgrupo de alumnos que no puedan asistir a las mismas mediante los programas Microsoft Teams, Google Meet o similares, procurando que dichos alumnos puedan interaccionar con el profesor y formularle sus preguntas. Se pondrá a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual materiales didácticos tales como notas de curso, problemas propuestos, exámenes resueltos, etc. En el resto de grupos la docencia semi-presencial se adaptará a las indicaciones generales recibidas a nivel UCM de acuerdo a la situación sanitaria, eligiendo entre la modalidad A, la modalidad B o una composición según lo recomienden las circunstancias. Los profesores informarán del procedimiento más adecuado para el seguimiento de la asignatura y de las actividades de evaluación, asegurando que las clases o materiales relevantes se puedan seguir semi-presencialmente. Esta metodología se re-adaptará a las necesidades docentes particulares de cada tema de la asignatura.
Docencia en línea (Escenario 2)
La docencia online se adaptará lo mejor posible a las indicaciones de la UCM, según la situación sanitaria relevante en el momento. Cada profesor decidirá la manera de organizar las actividades su grupo de cara a la docencia no presencial, así como las actividades de evaluación. Los profesores informarán del procedimiento adecuado para el seguimiento online de la asignatura, por ejemplo a través del CV. Las clases o materiales relevantes se prepararán para el seguimiento online, con posibilidades que pueden incluir procedimientos tales como la emisión las clases en streaming de manera síncrona, hacer las clases disponibles para seguimiento de manera asíncrona u otras, según criterio de cada profesor. Esta metodología, se evaluará de manera continua y se re-adaptará a las necesidades docentes particulares de cada grupo.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	75%
Se realizará un examen final que se calificará con nota de 1 a 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 que serán evaluadas entre 1 y 10. Esta calificación se guardará hasta el examen de la convocatoria extraordinaria.		
Calificación final		
La calificación final **CF** vendrá dada por la fórmula: **CF** = máx{0.25*A + 0.75*E, E} siendo **E** la nota final del examen y **A** la nota final de otras actividades.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	54	29	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	3ª pl central - Norte	e-mail	osmoreno@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	8	L,V X	9:00-10:30 9:00-10:00	Jaime Rosado Vélez	1ª mitad	19	T	EMFTEL
				Marcos López Moya		8	P	EMFTEL
				M Cristina Martínez Pérez	2ª mitad	27	T y P	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	X V	10:00-12:00 10:30-12:30	Jaime Rosado Vélez	1ª mitad	19	T	EMFTEL
				Marcos López Moya		8	P	EMFTEL
				M Cristina Martínez Pérez	2ª mitad	27	T y P	EMFTEL
D	8	M,J	15:00-17:00	Óscar Moreno Díaz	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
E	10	L X	13:00-15:00 14:00-16:00	José Luis Blázquez Salcedo	Todo el semestre	54	T y P	FT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A y C	Jaime Rosado Vélez	L: 10:30-12:00, X 12:00-13:30	jrosadov@ucm.es	241. 3ª Planta Módulo Central
	Marcos López Moya	M y X: 14:00-17:00	marcolop@ucm.es	220. 3ª Planta Módulo Central
	Mª Cristina Martínez Pérez	L: 11:00-14:00 X:12:00-13:00	crismp@ucm.es	229. 3ª Planta Módulo Central
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
D	Moreno Díaz, Óscar	M y J: 17:00-18:30	osmoreno@ucm.es	3ª planta, central-Pasillo Norte (sin número de local)
E	José L. Blázquez Salcedo	L: 16:00-17:30 M: 15:00-16:30 (+ 3h online)	jlblaz01@ucm.es	Despacho 4 2ª pl. oeste

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.

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

En algunas lecciones se impartirán clases presenciales a un subgrupo de estudiantes, que serán retransmitidas en directo para el resto a través de Microsoft Teams, Google Meet, o una aplicación similar, haciendo uso de la infraestructura técnica disponible. En otras lecciones se podrá preparar en algunos casos material previamente grabado que se subirá al campus virtual, empleando las clases presenciales para resolver problemas prácticos.

Docencia en línea (Escenario 2)

El material de las clases (que podrá consistir en transparencias, apuntes, hojas de problemas, resoluciones, vídeos) se subirá al campus virtual de la asignatura, desde el cual se podrá seguir el curso. Se podrán realizar sesiones telemáticas en el horario de clase de cada grupo. Las tutorías serán también a través del campus virtual o por correo electrónico.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

El examen constará de una serie de cuestiones y/o problemas.

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

Seguimiento de una colección de problemas (0-30%).

Controles, trabajos de clase (0-30%).

Calificación final

La calificación final de la asignatura será C = 0.7 E + 0.3 A, donde E es la calificación del Examen final (de 0 a 10 puntos) y A es la calificación de las otras Actividades de evaluación (de 0 a 10 puntos).

La calificación final se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento en las convocatorias ordinaria y extraordinaria.

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	28.5	14.5

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	Juan Pedro García Villaluenga		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	117	e-mail	jpgarcia@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	8	M, J	9:00-10:30	García Villaluenga, Juan Pedro	43	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)					
C	8	X V	11:30-13:00 12:00-13:30	Barragán García, Vicenta Mª	43	EMFTEL
D	8	L X	17:00-18:30 16:30-18:00	Relaño Pérez, Armando	43	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Despacho**
A	García Villaluenga, Juan Pedro	X: 9:00-12:00 Campus virtual o correo electrónico (3 h de L-V)	jpgarcia@ucm.es	D. 117, 1ª Pl. Este
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Barragán García, Vicenta M.	1er cuatrimestre: L: 14:30-15:30, M: 13:30-15:30 2º cuatrimestre: M: 10:30-13:30	vmabarra@ucm.es	D. 113, 1ª Pl. Este
D	Relaño Pérez, Armando	L y X: 11:00-13:00 A través del correo electrónico petición de tutoria (2h)	armando.relano@fis.ucm.es	D. 110, 1ª Pl. Este

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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.
- Prácticas de simulación numérica en el aula de informática. Tendrán lugar los días y horas consignados en esta misma ficha.

La distribución de horas será, aproximadamente, la siguiente: de cada 4 horas de clase impartidas, 3 horas corresponderán a clases teóricas y 1 hora a clases prácticas.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

MODALIDAD B

El profesor o profesora pondrá a disposición de los estudiantes, en el Campus Virtual, material para seguir las clases teóricas, que podrá incluir explicaciones de cada tema grabadas con antelación o emitidas de forma síncrona. El profesor o profesora dedicará las clases presenciales a resolución de problemas, casos prácticos, etc, repitiendo estas actividades presenciales para cada subgrupo.

Docencia en línea (Escenario 2)

(1) Regularmente, de acuerdo con el programa de la asignatura, se publicará en el campus virtual un documento que contendrá los contenidos teóricos y prácticos.

(2) Para complementar lo anterior, se podrán realizar: (i) Empleando Microsoft Teams, en horario de clase, sesiones donde se expondrán contenidos de teoría, así como la resolución de problemas. Todas las sesiones serán grabadas y estarán a disposición de los estudiantes. (ii) Tests de auto-evaluación en el Campus Virtual, cuyo único objetivo es que los estudiantes puedan comprobar su evolución.

(3) Se crearán foros.

(4) Los estudiantes podrán ponerse en contacto con sus profesores cuantas veces estimen oportunas. Las tutorías se podrán realizar de las siguientes maneras: empleando Microsoft Teams, empleando el correo electrónico, empleando el foro correspondiente (general, temático, etc.).

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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 realizarán las siguientes actividades de evaluación continua: Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso, de forma individual o en grupo.		
Calificación final		
La calificación final se obtendrá promediando la nota del examen final (al 70%) y la evaluación continua (al 30%), excepto: a) si la calificación del examen es superior a dicho promedio, en cuyo caso la calificación final será igual a la del examen; b) la calificación del examen es inferior a 4 puntos, en cuyo caso la calificación final será también igual a la del examen. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	28.5	14.5

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	Antonio Dobado González		Dpto.	FT
	Despacho	231.0 - 3ª pl. central	e-mail	dobado@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	8	M, J	10:30-12:00	Antonio Dobado González	Todo el semestre	43	T y P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	8	X V	13:00-14:30 13:30-15:00	Luis Antonio Fernández Pérez	Todo el semestre	43	T y P	FT
D	8	M, J	17:00-18:30	Antonio Dobado González	Todo el semestre	43	T y P	FT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A y D	Antonio Dobado González	M, J: 12:00-15:00	dobado@fis.ucm.es malcon@fis.ucm.es	231.0 - 3ª pl. central
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Luis Antonio Fernández Pérez	X: 14:30 - 16:00 V: 15:00 - 16:30 (+ 3 horas online)	laf@lattice.fis.ucm.es	Despacho 3 3ª planta, oeste

Programa de la asignatura

Tema 1: Los fundamentos de la Mecánica Cuántica.
Las matemáticas y la notación de la Mecánica Cuántica. Estados puros y rayos unitarios. Magnitudes físicas y observables. Resultados de medidas y probabilidades. Reglas de Indeterminación. Conjuntos Completos de Observables Compatibles.
Estados mezcla y operador estado. Medidas filtrantes.
Evolución temporal. Reglas de cuantización canónica. Estados estacionarios y constantes del movimiento. Reglas de indeterminación energía-tiempo. El operador de evolución.
Imágenes de evolución temporal.

Tema 2: Simetrías en Mecánica Cuántica.
Transformaciones de simetría y teorema de Wigner. Traslaciones. El generador de las rotaciones: el momento angular. Espín. El teorema de Wigner-Eckart. Paridad e inversión temporal. Simetrías y cantidades conservadas. Partículas indistinguibles y principio de simetrización.

Tema 3: Perturbaciones dependientes del tiempo.
Desarrollo perturbativo de las amplitudes de transición. Transición a espectro continuo: regla de oro de Fermi. La aproximación adiabática.

Tema 4: Teoría de la Dispersión.
Dispersión en un potencial central y secciones eficaces. Amplitud de difusión y sección eficaz diferencial. Representación integral de la amplitud de dispersión. Aproximación de Born. Desarrollo en ondas parciales y desfasajes. La sección eficaz total y el teorema óptico. Cálculo de los desfasajes para potenciales de rango finito. Resonancias. Dispersión por un potencial de Coulomb. Matrices S y T.

Tema 5: Nociones de Información y Computación Cuánticas.
Sistemas compuestos clásicos y cuánticos. Sistemas bipartitos, qubits y estados entrelazados puros.

Bibliografía

Básica:
• G. Auletta, M. Fortunato, G. Parisi, Quantum Mechanics, Cambridge University Press.
• L.E. Ballentine, Quantum Mechanics: A Modern Development, World Scientific.
• C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantum Mechanics Vol. I & II. John Wiley & Sons.
• E. d'Emilio, L.E. Picasso, Problems in Quantum Mechanics: with solutions. Springer.
• A. Galindo y P. Pascual, Mecánica Cuántica Vol. I y II. Eudema Universidad.
• L. Landau & E.M. Lifshitz, Quantum Mechanics, Buttenworth-Heinemann.
• A. Messiah, Quantum Mechanics, Dover.
• L.I. Schiff, Quantum Mechanics, McGraw-Hill.
• M. Le Bellac, Quantum Physics, Cambridge University Press.

Complementaria:
• J. Audretsch, Entangled Systems, Wiley-VCH.
• J.L. Basdevant and J. Dalibard Quantum mechanics, Springer.
• D.J. Griffiths, Introduction to quantum mechanics, Prentice Hall.
• K.T. Hecht, Quantum Mechanics, Springer.
• E. Merzbacher, Quantum Mechanics, John Wiley.

• L. E. Picasso, Lectures in Quantum Mechanics: A Two-Term Course. Springer.
• J.J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics, Addison-Wesley.
• F. Schwabl, Quantum Mechanics, Springer.
• R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Plenum Press.

Recursos en internet
Campus Virtual. Google Drive. Dropbox. Microsoft Teams. Google Meet.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
La metodología será similar en los cuatro grupos de la asignatura. Se optará por una modalidad mixta A y B, consistente en clases presenciales para grupos reducidos, que podrán ser tanto de contenido teórico como práctico, junto con enseñanza on line. Algunas de las sesiones presenciales se retransmitirán para que puedan ser seguidas a distancia por el subgrupo que no esté presente. Otras sesiones serán repetidas para los distintos subgrupos. Se producirá material de refuerzo escrito y/o audiovisual adecuado a las circunstancias que se den en su caso, y se pondrá a disposición del alumnado a través del campus virtual.
Docencia en línea (Escenario 2)
Este escenario se plantearía en el caso de que las autoridades sanitarias y/o de la UCM decretaran la suspensión de la actividad docente presencial por las circunstancias derivadas de la epidemia COVID19. Toda la docencia, tanto teórica como práctica, se desarrollará on line, para lo cual se producirán los materiales adecuados en formato escrito y/o audiovisual, mediante la utilización de los recursos disponibles de la UCM. Se impartirán lecciones a través del Campus Virtual de forma síncrona o asíncrona utilizando Microsoft Teams o Google Meet, y se atenderán dudas por correo electrónico y a través de tutorías on line.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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%
Una, o más, pruebas escritas de evaluación continua realizadas en horario de clase o fuera de él.		
Calificación final		
La calificación final será el max (0.7 (Nota Examen) + 0.3 (Nota Otras Actividades), Nota Examen), en una escala 0-10. Se exigirá una nota mínima en el examen para poder superar la asignatura que dependerá de los escenarios en los que se desarrolle finalmente el curso. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Física de la Atmósfera		Código	800511	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	43	30	7	6

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	110, 4 pl. este	e-mail	carlos@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	M,J	09:00–10:30	Carlos Yagüe Anguís	Del 25/01 al 10/03	20	T/P	FTA
				Luis Durán Montejano	Del 15/03 al 10/05	17		
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	M J	15:30-17:00 15:00-16:30	Ricardo García Herrera	Todo el semestre	37		FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
LA1	M2	24 marzo y 7,21,28 de abril, de 9 a 10:30	Luis Durán Montejano	6	FTA
LA2	M2	24 marzo y 7,21,28 de abril, de 9 a 10:30	Samuel Benito Barca	6	
LB1	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**				
LB2	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**				
LC1	M2	24 de marzo, y 7, 21 y 28 de abril de 15.00 a 16.30	Ricardo García Herrera	6	
LC2	M2	4 de marzo, y 7, 21 y 28 de abril de 15.00 a 16.30	Daniel Moreno Parada	6	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Carlos Yagüe Anguís	M: 11.30h-14.30h Resto on line	carlos@ucm.es	110, 4ª pl. este
	Luis Durán Montejano	M y J: 13:00h-14:00h*	luduran@ucm.es	224, 4ª centro
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Ricardo García Herrera	J: 10.00h-13.00h Resto on line	rgarciah@fis.ucm.es	Dpcho 7, Pl. Baja Oeste

* + 3h no presenciales

Programa de la asignatura

Teoría

1. INTRODUCCION. 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 (4 sesiones).

Se realizarán cuatro sesiones de prácticas en el aula de informática.

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**

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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

▪Clase prácticas en el Aula de Informática. Se realizarán 4 sesiones prácticas (de 90 minutos cada una) 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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se seguirá la modalidad A. Se impartirán las clases según se recoge en el 'Escenario 0', asistiendo

presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes (en el caso de que el tamaño del aula no permita que todos los alumnos puedan estar presentes). El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. La clase será retransmitida con cámara de forma síncrona (utilizando las herramientas a distancia: Google Meet o similar), de modo que los alumnos que asistan a distancia puedan seguir las explicaciones en la pizarra o las presentaciones de diapositivas que serán facilitadas al alumno con anterioridad a la clase a través del Campus Virtual.

Las sesiones prácticas del Aula de informática serán 100% presenciales.

Se reforzarán las tutorías a distancia, tanto en grupo como individuales, utilizando Google Meet o similar.

Docencia en línea (Escenario 2)
Las clases presenciales teóricas serán sustituidas por videos, quedando disponibles para los alumnos a través del Campus Virtual, en modo asíncrono. Serán realizadas sesiones con telepresencia para la aclaración de dudas y explicaciones generales citando las ya grabadas, así como explicaciones sobre la resolución de ejercicios. Para las sesiones telepresenciales se respetarán los horarios oficiales de la asignatura. Se mantiene, la publicación de las diapositivas y la propuesta de ejercicios a realizar por los alumnos como parte de la evaluación continua. Las Clases prácticas de laboratorio, serán adaptadas a este escenario, proporcionándole a alumno, si fuera necesario, el software y los datos correspondientes. Esta adaptación incluirá sesiones síncronas con los alumnos, quienes luego desarrollarán individualmente las prácticas. Se reforzarán las tutorías a distancia, tanto en grupo como individuales, utilizando Google Meet o similar.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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. La valoración de este Examen Final (Nexamen) se puntuará sobre 10.		
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 valoración de Otras Actividades (NOtrasActiv) se puntúa sobre 10.		
Calificación final		
La calificación final será el resultado de la siguiente fórmula: CFinal = 0.7 x NExam + 0.3 x NOtrasActiv, donde NOtrasActiv es la calificación correspondiente a Otras Actividades y NExam la obtenida en la realización del Examen Final. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	30	8.5	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	María Luisa Osete López		Dpto.	FTA
	Despacho	115	e-mail	mlosete@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	10	M, J	10:30-12:00	Osete López, Mª Luisa	38,5	FTA
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)					
C	10	L X	15:30-17:00 18:00-19:30	Ana María Negredo Moreno	38,5	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
A1	15 M2	1 marzo 19 abril, 3 mayo	Mercedes Hernández Paredes	4.5	FTA
A2	2 M2	1 marzo 19 abril, 3 mayo	Pablo Rivera Pérez	4.5	FTA
B1	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**				
B2	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**				
C1	M2	2 marzo, 20 abril, 4 mayo	Sergio Sainz-Maza Aparicio	4.5	FTA
C2	M2	2 marzo, 20 abril, 4 mayo	Raquel Bonilla Alba	4.5	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Osete López, Mª Luisa	J: 15.00-18.00	mlosete@fis.ucm.es	D. 115, 4ª Pl. Este
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Ana María Negredo Moreno	L, X: 11:30-13:00 + 3h online	anegredo@fis.ucm.es	D. 114, 4ª Pl. Este

Programa de la asignatura

1. INTRODUCCION. La Física de la Tierra. Concepto y desarrollo de la Geofísica. Características de la Geofísica. Disciplinas y campos de estudio. Sistemas de coordenadas

2. GRAVEDAD Y FIGURA DE LA TIERRA. Tamaño y forma de la Tierra. Rotación de la Tierra. Ecuación de Laplace. Figura de la Tierra. El geoide y el elipsoide Gravedad normal.

3. MEDIDAS Y ANOMALIAS DE LA GRAVEDAD. Anomalía de aire-libre. Anomalía de Bouguer. Isostasia. Interpretación de anomalías locales y regionales.

4**. GEOMAGNETISMO**. Fuentes del campo magnético terrestre. Componentes del campo magnético terrestre. Análisis armónico: separación de los campos de origen interno y externo.

5. CAMPO MAGNETICO INTERNO 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.

6. PALEOMAGNETISMO. Propiedades magnéticas de las rocas. Magnetización remanente. Polos virtuales geomagnéticos. Polos paleomagnéticos. Curvas de deriva polar aparente. Paleomagnetismo y deriva continental. Inversiones del campo geomagnético. Anomalías magnéticas marinas.

7. CAMPO MAGNETICO EXTERNO. Origen. Estructura de la magnetosfera. Ionosfera. Variaciones del campo externo: Variación diurna, tormentas magnéticas. Auroras polares.

8. GENERACION Y PROPAGACION DE ONDAS SISMICAS. Mecánica de un medio elástico: parámetros elásticos de la Tierra. Ondas sísmicas: internas y superficiales. Reflexión y refracción de ondas internas. Trayectorias y tiempos de recorrido: dromocronas.

9. 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. Tomografía sísmica.

10. 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.

11. EDAD Y ESTADO TERMICO DE LA TIERRA. Determinación radiométrica de la edad. Distribución de temperatura en el interior de la Tierra. Fuentes de calor. Flujo térmico. Transporte de calor. Dinámica de las placas tectónicas.

Prácticas (3 sesiones impartidas por los dos profesores de cada grupo):

1. Práctica de gravimetría. Aplicación de correcciones gravimétricas: tratamiento y representación de datos.
Lugar: Aula de informática.

2. Práctica de Paleomagnetismo. Funcionamiento de un laboratorio de paleomagnetismo. Análisis de datos arqueomagnéticos. Utilización del arqueomagnetismo como técnica de datación.
Lugar: Aula de informática y laboratorio de paleomagnetismo.

3. Geocronología. Dataciones radiométricas. A partir de relaciones isotópicas determinar la edad de un material.
Lugar: Aula de informática.

Bibliografía

BÁSICA

• A. Udías y J. Mezcua (1997). *Fundamentos de Geofísica.* Textos. Alianza Universidad
• W. Lowrie (2007, 2ª edición). *Fundamentals of Geophysics.* Cambridge Univ.

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

'Lecture notes' del cuso abierto del MIT:

Essentials of geophysics: http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-201-essentials-of-geophysics-fall-2004/

En el caso de la docencia semi-presencial u online, los estudiantes tendrán videos, power-point comentados, etc. de todos los temas de la asignatura.

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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 entregar ejercicios resueltos individualmente.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

MODALIDAD A

Los alumnos se dividirán en subgrupos cuyo tamaño cumpla con el aforo máximo permitido en el aula, teniendo en cuenta las restricciones sanitarias establecidas. Se impartirán las clases en el régimen habitual, pero asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de clases a distancia se utilizará la herramienta Teams, Google Meet o similar. Las sesiones prácticas serán presenciales para todos los alumnos.

Docencia en línea (Escenario 2)
Clases on line de problemas, cuestiones, revisión de los conceptos fundamentales y prácticas a través las herramientas disponibles en el campus virtual. Las clases teóricas y magistrales estarán disponibles en el campus virtual a través de Videos, power-points con audio, 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, siempre que en dicha fecha haya asistido como mínimo a un 70% de las clases (si la actividad es presencial). Sólo podrán obtener una calificación en este apartado (NOtrasActiv) aquellos alumnos que hayan asistido como mínimo a un 70% de las clases (si la docencia es presencial).		
Calificación final		
La 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 en la realización del examen. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Instrumentación Electrónica		Código	800519	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS	6	4	2	
Horas presenciales	43	28.5	10	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	Germán González Díaz		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	107.0	e-mail	germang@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	10	M, J	12:00-13:30	González Díaz, Germán	38,5	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	210.0 3ª Pl.	El horario se fijará llegando a un acuerdo con los alumnos	González Díaz, Germán	4.5	EMFTEL
L2	210.0 3ª Pl.	El horario se fijará llegando a un acuerdo con los alumnos	González Díaz, Germán	4.5	EMFTEL

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	González Díaz, Germán	L, M, J, V: 10-11:00 X 9:30-10:30	germang@ucm.es	Despacho 107.0-Módulo este-3ª planta

Programa de la asignatura

Teoría de circuitos:

- El programa PSPICE
- Leyes de Kirchoff. Thevenin y Norton
- Circuitos de alterna.
  - El dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia.
  - El diagrama de Bode.
- Elementos de circuito lineales. Transformadores
- Circuitos puente
- Prácticas:
  - Problemas sencillos con PSPICE. Dominio del tiempo y de la frecuencia.

Amplificadores

- Amplificadores integrados:
  - Amplificador operacional ideal
  - Realimentación
  - Amplificador inversor y no inversor. Impedancias y ganancias.
  - Amplificador de instrumentación.
- Prácticas:
  - Amplificador de instrumentación. Aplicación a la medida de temperatura mediante resistencia de platino

Diodos y transistores

- Concepto de semiconductor y tipos.
- El diodo.
- Modelo ideal, modelo PSPICE y de pequeña señal
  - Rectificación filtrado y estabilización
  - El diodo como demodulador
- Los transistores bipolares y MOS: modelos PSPICE. Uso como amplificadores y conmutadores
- Prácticas:
  - Rectificación de media onda, onda completa y estabilización con diodo Zener
  - Demodulación de una señal de AM

Circuitos especiales, filtros y generadores de señal

- Sumadores, restadores etc
- Amplificador logarítmico, compresión de la información.
- Estabilidad en circuitos realimentados. Osciladores sinusoidales y de relajación.
- Fitros
- Práctica:
  - Osciladores sinusoidal y de relajación

Electrónica digital y conversores A/D y DA

- Representación digital de una magnitud
- Conversores D/A y A/D
- Sistemas de adquisición de datos
- Reducción de ruido mediante filtrado digital
- Prácticas:
  - Manejo de conversores A/D y DA mediante Labview.

El universo de la medida

- Ruido y límites de la medida
- Medidas DC:
  - lÍmites
  - medidas en alta impedancia. Anillo de guarda. Capacidades parásitas
- Medidas AC:
  - Conversión de DC en AC
  - Filtrado síncrono (Lock in amplifier)
- Prácticas:
  - Reducción de ruido con un lock-in amplifier

Bibliografía
Neil Storey “Electronics. A systems approach” Pearson 2009 James A. Blackburn: Modern instrumentation for scientists and engineers. 2001 Springer-Verlag New York, Inc
Recursos en internet
Campus virtual

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
Dado el número de alumnos que sistemáticamente se matriculan en esta asignatura se espera que pueda realizarse la docencia presencial guardando las distancias de seguridad. Para el caso de las prácticas se dividirán en grupos de 10 alumnos, que, dada la capacidad del laboratorio, permite mantener la distancia de seguridad.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
En caso de no ser posible la docencia presencial al 100% de los alumnos se dividirán estos en dos grupos asistiendo a las clases presenciales de forma alterna. Las sesiones presenciales se retransmitirán en directo para que las siga el subgrupo que no está presente en el aula y además se grabará en video y se cargará en el campus virtual. Las prácticas se harán de la misma forma que en el escenario 0.
Docencia en línea (Escenario 2)
En el peor de los escenarios los alumnos tendrán que seguir las clases en los videos pregrabados. Esto implica necesariamente que todos las clases estarán grabadas en video, lo que ya estaba implícito en la docencia semipresencial. En caso de que no se pueda acudir al laboratorio se grabarán las prácticas y se colgarán en el campus virtual.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
El examen se realizará presencialmente de forma preferente. En caso de no ser posible se optará por realizar exámenes orales personalizados a través de Microsoft Teams con la misma valoración que en el caso presencial.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Se obtendrán: *- Hasta 2 puntos por presentar los problemas propuestos en clase…* *- Hasta 2 puntos por otros trabajos como son:* *Realización de simulaciones PSPICE* *Realización de prácticas de laboratorio por los propios alumnos* *Demostración ante los demás alumnos de los trabajos de laboratorio*		
Calificación final		
La calificación final será la mejor de $N_{Final} = 0.6N_{Exámen} + 0.4N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores o del examen final. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Estadística y Análisis de Datos		Código	800521	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS	6	4	2	
Horas presenciales	43	24.0	4	15.0

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	Javier Gorgas García		Dpto.	FTA
	Despacho	13, Pl. Baja Oeste	e-mail	jgorgas@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	L	10:30-12:30	Javier Gorgas García	Todo el semestre	28.0	T/P	FTA
B	10	V	15:30-17:30	Irene Polo Sánchez	Todo el semestre	28.0	T/P	FTA

T: teoría, P: prácticas

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
LA1	M2	10 M de 12:00-13:30	Sergio Pascual Ramírez	15.0	FTA
LA2	M2	10 V de 12:00-13:30	Sergio Pascual Ramírez	15.0	FTA
LB1	M2	10 M de 13:30-15:00	Irene Polo Sánchez	15.0	FTA
LB2	M2	10 J de 13:30-15:00	Carlos Ordóñez García	15.0	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Gorgas García, Javier	L: 12.30h-14.30h X: 10.30h-14.30h	jgorgas@ucm.es	Dpcho. 13, Pl. Baja Oeste
B	Polo Sánchez, Irene	M, J: 15.00h-17.00h	ipolo@ucm.es	Despacho 214, 4ª planta, ala este

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
- Metodos 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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

Dadas las características de la asignatura, la mitad de las clases se impartirán en un aula normal mientras que la otra mitad se impartirán en el aula de informática en grupos reducidos. En las clases del aula normal se impartirá teoría, mientras que en las clases en al aula de informática se impartirá la parte de la teoría que requiera el uso del ordenador, se resolverán problemas y se realizarán las prácticas que constituirán la parte de evaluación continua de la asignatura. 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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

MODALIDAD A

Para cada tema, antes de la clase, se pondrán a disposición de los alumnos las transparencias del tema y vídeos explicando los conceptos principales. Se animará a los estudiantes a que envíen sus dudas por correo electrónico (en texto o audio). Con posterioridad, en las clases presenciales de cada semana se contestarán las dudas que hayan llegado, se revisarán los conceptos más importantes y se harán problemas representativos. Respecto a las prácticas, estas serán presenciales, en aulas de informática que permitan que se cumpla con las medidas de seguridad necesarias.

Docencia en línea (Escenario 2)
Para cada tema se pondrán a disposición de los alumnos una serie de vídeos explicando las transparencias del tema (docencia asíncrona). Se dividirán en varios vídeos temáticos de una duración corta. Se animará a los estudiantes a que envíen sus dudas por correo electrónico (en texto o audio). Por otro lado, después de dejar unos días para que los estudiantes revisen los vídeos, se impartirá una clase online donde los profesores de la asignatura contestarán las dudas que hayan llegado y las preguntas que surjan en ese momento. Esta clase de dudas podrá ser común para los dos grupos de la asignatura. Se haría una a la semana. Respecto a las prácticas, y siempre que las condiciones de conectividad lo permitan, estas se harían online síncronas en los mismos horarios ya establecidos. Si hubiese problemas graves de conexión se pasaría a una modalidad en la que se explicarían las prácticas en un documento y se daría un tiempo para la entrega. Las dudas sobre las prácticas se podrían preguntar en las mismas clases online de teoría.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
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 y resolución de cuestionarios on line. La nota de actividades de evaluación continua realizadas durante el curso se guardará para la convocatoria extraordinaria.		
Calificación final		
Si E es la nota del examen (ya sea de la convocatoria de junio o de la extraordinaria de julio) y A la puntuación obtenida de otras actividades, la calificación final C_F vendrá dada por la fórmula: $C_F = 0.4A + 0.6E$		

Grado en Física (curso 2021-22)

Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial		Código	800522	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Transversal	Materia	Formación Transversal	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	43	28.5	14.5

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.
- 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	Francisco Navarro Lérida			Dpto.	FT
	Despacho	25, 3ª pl. Oeste	e-mail	fnavarro@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	horas	T/P	Dpto.
A	8	L X	10:30-12:00 10:00-11:30	Gabriel Álvarez Galindo	Todo el semestre	28	T	FT
				Diego Rubiera García	Todo el semestre	15	P	
B	8	M V	13:30-15:00 15:00-16:30	Francisco Navarro Lérida	Todo el semestre	43	T/P	
C	8	M V	12:00-13:30 10:30-12:00	Rafael Hernández Redondo	Todo el semestre	33	T/P	
				Roberto Ruiz Gil	Todo el semestre	10	P	

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Gabriel Álvarez Galindo	X: 15:00-18:00 + 3 horas online	galvarez@fis.ucm.es	12, 2ª pl. oeste
	Diego Rubiera García	X: 10:00-13:00 (+ 3 horas online)	drubiera@ucm.es	27, 3ª pl. oeste
B	Francisco Navarro Lérida	M: 11:00-13:00 y 16:00-17:00 V: 11:00-14:00	fnavarro@fis.ucm.es	25, 3ª pl. oeste
C	Rafael Hernández Redondo	M y X: 09:00-12:00	rafael.hernandez@fis.ucm.es	22, 3ª pl. oeste
	Roberto Ruiz Gil	J : 9:00 - 13:00 presencial	roruiz@ucm.es	2, 3º pl. oeste

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. **Aplicaciones entre superficies**
   Aplicaciones entre superficies. Isometrías. Transformaciones conformes.
6. **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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

• Clases semi-presenciales de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura, ilustrándose con ejemplos y aplicaciones. Se utilizará un ordenador o una tableta de modo que los alumnos del subgrupo presencial sigan la exposición mediante un proyector y los del subgrupo no presencial vean exactamente la misma imagen y escuchen el mismo sonido compartiendo la pantalla del dispositivo empleado mediante la herramienta Microsoft Teams del Campus Virtual, Google Meet o similar.

• Clases semi-presenciales de problemas con las mismas características que las clases teóricas.

El profesor podrá atender mediante tutorías a distancia a los alumnos en el horario especificado de dichas 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.

Docencia en línea (Escenario 2)
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: • Clases teóricas y de problemas impartidas mediante material audiovisual que se pondrá a disposición de los alumnos en el Campus Virtual o, en la medida de lo posible, se emitirá en el horario de clase. Se realizarán tutorías en línea en el horario especificado de dichas tutorías con objeto de resolver dudas o ampliar conceptos.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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.		
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 las calificaciones obtenidas en el examen final y en las otras actividades respectivamente, ambas en el intervalo 0–10. La calificación en la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación. Para poder compensar la nota de exámenes con los puntos obtenidos con las “otras actividades”, esa nota E deberá ser superior a 4.5 puntos.		

6. English Files for Third Year Subjects

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	54	29	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-dependent 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	216 (3rd floor)	e-mail	parrondo@ucm.es

Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Dates	Hours	T/p	Dept.
B	7	Mo We Th	10:00-11:00 10:30-12:00 11:00-12:30	Fernando Ruiz Ruiz	Full term	54	Both	FT

T: Theory, P: Problems

Office hours

Group	Instructor	Office	Schedule	e-mail
B	Fernando Ruiz Ruiz	West Wing, 3rd floor, Room 11	Mo, We, Th: 12:00-13:30 Tu: 15:30-17:00	ferruiz@ucm.es

Syllabus

Orbital angular momentum and spin. Brief reminder of orbital angular momentum. Experimental evidence for the electron´s spin: the Zeeman effect and the Stern-Gerlach experiment. Nonrelativistic description of spin-1/2 particles. General properties of spin.

Time evolution and measurements in two-level quantum mechanical systems. Matrix representation of adjoint operators for observables. Tensor product. The Heisenberg picture. Definition of density matrix. Introduction to entanglement.

Angular momentum general theory.

- General definition of angular momentum. Angular momentum spectrum. Matrix representations of angular momenta.
- Composition of two spins ½. Composition of two angular momenta and Clebsch-Gordan coefficients. Total angular momentum of a particle, **J**=**L**+**S**.

Identical particles. Indistinguishibility of identical particles in quantum mechanics. Two-particle systems. Interchange symmetry for the wave functionsof two spin-1/2 particles; singlet and triplet states. Postulate of (anti-)symmetrization. Bosons and fermions. Pauli's exclusión principle.

Approximate methods.

- Time-independent perturbation theory. Degenerate and nondegenerate cases. Examples. Hydrogen atom fine structure.
- Variational method. Basic theorems. Trial wavefunctions.
- Time-dependent perturbation theory. Sudden and adiabatic perturbations. Harmonic perturbations. Fermi´s golden rule. 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
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
Theory lectures and problem sessions will be given and conducted by the Instructor. He will use conventional chalk/blackboard or computer-assisted projections. Sample sheets to be discussed and/or solved in the classroom will be provided to students prior to problem sessions. Students are encouraged to take an active part in both theory lectures and problems sessions. The Instructor will be available for tutorials at the times specified in the office hours table above. Teaching material will be accessible at Campus Virtual.
Semi-online teaching (Scenario 1)
Theory lectures and problem sessions will be in-class attended by half of the group and live broadcasted for the other half. Otherwise, as for Scenario 0.
Online teaching (Scenario 2)
Theory lectures and problem sessions will be live broadcasted during class hours. Sample sheets and written material will available through Campus Virtual. Tutorials will be on-line held at the office hours specified above.

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 minimal grade in the final examination, fixed by the Instructor in due time, will be required.		
Other Activities	**Weight:**	25%
One or more of the following activities may be run: • Resolution of problems by students. These may be set as homework or as exercises to be solved in the classroom. • Mid-term tests which may comprise 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, fixed by the Instructor in due time, the grade in the subject will be calculated using the formula. max (FE , 0.25*OA + 0.75*FE) .		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	54	29	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	114	e-mail	brito@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Mon Tue Wed	9:00-10:00 9:30-11:00 9:00-10:30	Juan M. Rodríguez Parrondo	Full semester	39	T	EMFTEL
				Chantal Valeriani		15	E	

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Juan MR Parrondo	X: 16:00-18:00 M,J: 17:00-19:00	parrondo@ucm.es	216. 3ª Planta Módulo Central
	Chantal Valeriani	M: 13.30-14.30 J: 13.30-14.30	cvaleriani@ucm.es	D 119, 1ª pl este Y por Google meet

Syllabus

1.-Introduction

Overview and goals of the course. Mechanical and thermodynamical description of macroscopic systems.

2.-Foundations.

Fundamental hypothesis: classical and quantum systems. Ergodicity. Thermodynamic limit.

3.- Microcanonical ensemble.

Phase space and quantum states of a macroscopic system. Entropy and temperature. Applications: the classical ideal gas and paramagnetism.

4.- Canonical ensemble.

Boltzmann distribution. Partition function. Helmholtz potential. Equipartition theorem. Applications: classical ideal gas, photons, and phonons.

5.- Grand canonical ensemble.

Chemical potential. Grand canonical distribution. Landau potential. Average and dispersion of the number of particles. Equivalence among ensembles.

6.- Quantum ideal gases.

Quantum statistics: bosons and fermions. Occupation numbers. Classical limit. Virial expansion.

7.- Bose-Einstein ideal gas

Bose-Einstein condensation. Critical density and temperature. Thermodynamic properties of the Bose-Einstein gas.

8.- Fermi-Dirac ideal gas.

Fermi function and Fermi temperature. Electrons in metals.

Bibliography

- W. Greiner, L. Neise y H. Stöcker, Thermodynamics and Statistical Mechanics, Springer (1995).
- R. K. Pathria, Statistical Mechanics, Butterworth (2001).
- K. Huang, Statistical Mechanics, Wiley (1987).

Online Resources

Methodology

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

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.

Semi-online teaching (Scenario 1)

We will use option A in this scenario. The class is split into two subgroups: lectures will be attended in the classroom by one of the subgroups, whereas the other subgroup will follow the lectures online, via Microsoft Teams or Google Meet. The subgroups will alternate every week and the rest of learning activities will take place online.

Online teaching (Scenario 2)
Professors will provide learning material and video lectures, which will be available in the Campus Virtual. Lectures will be given online using Microsoft Teams or Google Meet in the regular schedule of the course and with student participation.

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 higher than 4 (over 10). These evaluation criteria are valid both for the first (February) and the second (July) examination opportunities.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	Not Numbered	**e-mail**	facuella@ucm.es
	Mª Cruz Navarrete Fernández		**Dept.**	OP
	Room	01-D08	**e-mail**	mcnavarr@ucm.es

Theory Group	Professor	Hours	Dept.	e-mail	Location
B	Fabián Andrés Cuéllar Ángel S. Sanz	1.5 7.5	FM OP	facuella@ucm.es a.s.sanz@fis.ucm.es	3rd floor North Lab. Mat. Complejos Off. O1-D06, 1st Floor West

Theory lectures (first four weeks)

Theory Group	Days	Schedule	Lecture Room	Office hours
B	OPT: Sept 8, 9, 15, 16, 22 E&M Sept 23	Wed 12:00-13:30 Thu 9:30-11:00	**7**	E&M: Fr. 11-13, online under request OPT: Mo, Fr: 10:00-13:00, in-person (unless health conditions worsen, in which case tutoring will be fully online)

IMPORTANT NOTICE: The enrollment of students at the various laboratory groups (including O6 and E13) 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.

Only one group for each laboratory (E&M or Optics) is currently offered in English, with a limited quota (16 students per group). 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.

Due to the COVID19 pandemic group changes implying an extension of the number of students over the group maximum capacity will not be allowed.

Laboratories in English				
Group	Schedules		# sessions	15
	Days	Hours	Professor	Dept.
O6	Wed. 15/9, 22/9, 29/9, 6/10, 20/10, 27/10, 3/11, 17/11, 24/11, 1/12, 15/12	14:00 – 18:00	Javier Vargas Balbuena jvargas@ucm.es	OP
E13	Nov 19th, 26th; Dec. 3rd and 10th	15:00 – 19:00	Norbert Nemes nmnemes@fis.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
12. Polarization Experiments	1
13. The Michelson Interferometer	1
14. The Fabry-Perot Interferometer	1
15. Young's Two-Slit Experiment	1
16. Fraunhofer Diffraction	1
17. Dispersion and Spectroscopy	1
18. Thin Lenses	1
19. The Magnifying Glass and the Microscope	1
20. The Eye and Telescopes	1
21. Instrumentation	1
22. Experimental Test	1

Syllabus. Laboratory Sessions (Electricity and Magnetism)	Sessions
Bachelor in Physics	
5. Fabrication of a tunable DC source	1
6. Resonance in RLC circuits and filters	1
7. Measurements in the frequency space: Fourier analysis and resonance of electromagnetic waves	1
8. Electrical and transport properties: hysteresis loop and Hall effect	1
Double Bachelor in Physics and Mathematics	
5. Electrical measurements	1
6. Use of the oscilloscope: RC circuits	1
7. Biot-Savart's laws and electromagnetic induction	1
8. Measurements in the frequency space: Fourier analysis and resonance of electromagnetic waves	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

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

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. 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, 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: "Resonance in RLC circuits and filters", 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.**

Semi-online teaching (Scenario 1)

Electricity and Magnetism

In this scenario students will attend all four laboratory sessions, the same way as in scenario 0, but using the appropriate prevention measures, including respiratory protection masks, hydroalcoholic hand sanitizer at the beginning and throughout the sessions, keeping the stablished safety distance and a maximum number of 16 students per session. Contrary to scenario 0, each piece of equipment will be manipulated by only one of the students forming each couple. In case that more than one equipment piece is available for a particular experiment each couple will distribute their tasks so both students will have the chance to perform part of the experimental work.

In order to minimize the time spent in the laboratory, and hence the exposure of the students, they will be requested to read each practice guide before the corresponding laboratory session. Each practice guide will be accompanied by an initial questionnaire relative to the content thereof. Students must fill up these questionnaires as a mandatory requisite to access the laboratory itself. Moreover, a 10 minute break will be granted after the first two hours in order to allow a proper ventilation of the laboratory.

Optics

In case safety social distance must be ensured due to the COVID-19 pandemic, the physical dimensions of the Optics laboratory and the amount of sessions will require an important restructuring of the practical work for all groups, which includes half occupancy of the laboratory and blended learning. **The English group, though, due to its smaller quota, will keep in-person teaching, always ensuring proper safety measures.** In this latter regard, it might happen that independent work will be favored against in-pair-based one.

Online teaching (Scenario 2)

Electricity and Magnetism

In this scenario all the activities will be performed online for as long as the scenario is active. Explanatory videos will be provided to the students via the Campus Virtual (UCM intranet) to show both the experimental setups and data acquisition. Data will be provided specifically to each couple so they can answer the corresponding questionnaire, although they can also be requested to acquire the data from simulation software. In this scenario the delivery of the initial questionnaire will not be requested, **but students will still be asked to deliver the mandatory questionnaire included inside each practical guide**.

The schedule of each laboratory sessions will be maintained throughout the Scenario 2, and therefore students will have to deliver the corresponding questionnaire/full scientific report online to the laboratory professor during the **week after** the session was scheduled. Students may contact their laboratory professors during that period of time to solve any questions related to the practice.

Grading will be performed on the sole basis of the answers to the questionnaires and full report delivered to the laboratory professor.

Optics

This scenario will become active in case the Optics Laboratory or even the Faculty should be shut down due to pandemic-related issues. In this case, practice sessions will become fully online, broadcasting the theoretical lectures and practical sessions by Google Meet. Apart from the blended-learning material already prepared and considered for Scenario 1, additional material will be provided to students through the Virtual Campus, such as experimental data files as well as any extra material necessary both to cover the experimental work and to properly complete the questionnaires. The practice session schedule will remain unaffected all over Scenario 2. **Students will attend synchronous online sessions (theory and practice), broadcasted through Google Meet.**

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 2019/20 or 2020/21 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 %
At the end of the semester a written exam will be performed, 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. In case that physical attendance to the exam was not possible due to activation of the scenario 2, it will be performed online using the tools (namely, questionnaires) provided by the Campus Virtual (UCM intranet) along with the simultaneous use of Google Meet to identify and record each student during the test. Each student must have access to a webcam and a microphone to allow them both identify themselves and to ask questions related to the exam itself. Google Meet sessions will be recorded and the records will be kept until the final grades are officially uploaded to the UCM system as a proof in case of connectivity problems or of any other nature.		
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: $$N_{\text{Final}} = 2/3\ N_{\text{Opt}} + 1/3\ N_{\text{EyM}}\ ,$$ 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 2021-22)

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	43	28.5	14.5

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 (history, astronomical observation), planets (of the Solar System, extrasolar), stars (the Sun, stellar parameters, stellar evolution), galaxies (the Milky Way, external galaxies), the Universe (structure, cosmology).

Prerequisites

Knowledge of General Physics.

Coordinator:	Jesús Gallego Maestro			**Department:**	FTA
	Office:	5, planta baja, oeste	**e-mail**	j.gallego@ucm.es	

Lecturers and Seminars – Lecturers and Schedule

Group	Classroom	Day	Schedule	Lecturer	hours	Department
B	6	Mon, Fri	13:30–15:00	Patricia Sánchez-Blázquez,	43	FTA

Office hours

Group	Professor	Schedule	e-mail	Location
B	Patricia Sánchez-Blázquez	Mon & Wed: 16:00-17:30 +3h on line	psanchezblazquez@ucm.es	office10, ground floor, West wing

** 3 h tutorials during the working week through email, virtual campus, etc.*

SYLLABUS

I. **Introduction**

1. History of Astronomy
2. Astronomical Observation

II. **Stars**

3. The Sun
4. The solar system
5. Stellar parameters
6. Star Formation
7. Exoplanets
8. Stellar Evolution
9. The death of stars

III. **Galaxies**

10. The Milky Way
11. The Nature of Galaxies
12. Dynamics and Evolution of Galaxies.
13. Active Galaxies

IV. The Universe

14. The Structure of the Universe
15. Cosmology

Appendix: Celestial Sphere

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

on-campus teaching 100% (Scenario 0)

Theory lectures, using a power-point presentation, will be delivered on campus.

semi-online teaching (Scenario 1)

Lectures will be delivered on-campus, but the presence on the classroom will be limited to a reduced number of students that will change every week. The rest of students will be able to follow the lectures online, using tools as Google Meet, or Teams, etc. Lectures may be recorded for later incorporation in the virtual campus, subjected to the rules and procedures that the UCM dictates at the time.

online teaching (Scenario 2)

Online lectures during the days and times scheduled in the calendar for the subject. Video recordings and support material will be provided and made available on the virtual campus so that students can consult them during the course. Additional sessions will be scheduled, using tools such as Microsoft Teams or Google Meet, to address students' questions and promote teacher-student interaction. All lectures will be recorded so that they are available to students on the virtual campus, as long as the connectivity conditions allow it and according to the procedures arbitrated by the UCM.

Evaluation criteria		
Exams	**Weight:**	70%
There will be a final exam, consisting of brief questions and exercises that may include some questions from the online tests (see other assessment activities).		
Other activities	**Weight:**	30%
Online tests and exercises available to the students on the virtual campus.		
Final mark		
The final mark will be calculated as: $N_{Final} = 0.7N_{Exam} + 0.3N_{OtherActiv}$, where N_{Exam} and $N_{OtherActiv}$ represent the grades (from 0 to 10) obtained in the Exam and Other Activities respectively.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

Materials Physics			**Code**	800510	**Year**	3rd	**Sem.**	1st
Module	Applied Physics	**Topic**	Applied Physics-Compulsory			**Character**	Optative	

	Total	**Theory**	**Exercises**
ECTS Credits	6	4.2	1.8
Semester hours	43	30	13

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

- Know the structure and the main physical properties of materials.
- Be able to recognize and establish the basic relationships between the microstructure and physical properties of materials.
- Know the possibilities of controlling the properties of materials through their design.
- Acquire the basic notions about the applications of different types of materials.

Brief description of contents

Crystals, disordered and amorphous solids; structure and physical properties of materials; alloys; preparation of materials; nanomaterials; materials in micro- and nanoelectronics; Ceramic materials.

Prerequisites

Coordinator	Paloma Fernández Sánchez		**Dept.**	FM
	Office	115	**e-mail**	arana@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	5	Tu, Th	14:00-15:30	Paloma Fernández Sánchez	First Semester	43	T/P/S	FM

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Paloma Fernández Sánchez	Mo-Wed-Fr: 9:30-11:30	arana@ucm.es	Room 115, second floor, East

Syllabus
1. Crystals, disordered and amorphous solids. Short and long-range structural order. Single-, poly- and nanocrystalline materials. Crystalline materials: crystal systems and lattices. Cohesion: primary and secondary bonds. Micro- and nanostructures. Real crystals: defects, surface, diffusion processes. 2. Structure and physical properties of materials. Relationship between structure and properties. Metals, ceramics, semiconductors, polymers and soft matter, composites. Preparation and design of materials. Phase transformations. 3. Mechanical properties. Elasticity, anelasticity, plasticity. Hardening. Degradation mechanics. Properties at the nanoscale. 4. Electrical properties. Electronic conduction: metals and semiconductors. Ionic conduction. Dielectrics (ferro- and piezoelectricity). Nanostructures and quantum confinement. Materials in micro- and nanoelectronics. 5. Optical properties. Light absorption and emission. Photoconductivity. Nanostructures in optoelectronic devices. 6. Magnetic properties. Origin of magnetism. Dia- and paramagnetism. Hard and soft magnets. Magnetic nanostructures. 7. Thermal properties. Thermal expansion and conductivity. Thermoelectric effect, generation of heat and cooling.

Bibliography
Basic - “Understanding solids. The Science of Materials”. Richard Tilley, Wiley (2004) - “The science and engineering of materials” D. Askeland, W. Wright Cengage Learning has currently 4 similar titles available as both e-book paper (https://www.cengage.co.uk/search/?keyword=askeland.) -“Materials Science and engineering”, W. D. Callister and D.G. Rethwisch, Wiley (2020) Advanced - “Introduction to Soft Matter”, Ian W. Hamley, Wiley (2000) - “Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications”, Dieter Vollath, Wiley, (2008)

Online Resources
Campus virtual and professor´s web page piloto.fis.ucm.es/paloma and links therein

Methodology
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
Lectures to explain the fundamental concepts that will include examples and applications. For these classes, computer projection will be used fundamentally. The students will have the material used in class well in advance. A flipped classroom methodology will be applied. Practical classes to solve exercises and collaborative work. The work performed during these sessions will be a part of the evaluation.
Semi-online teaching (Scenario 1)
Modality B. Face-to-face classes will be dedicated to problem solving, practical cases, group work, etc., repeating these activities for each subgroup. Previously, the necessary material to understand the theory will be provided to the students in the corresponding learning platform.

Online teaching (Scenario 2)
Videos, notes, slides, articles and bibliographic material will be added to Moodle so that students can develop the skills required to pass the subject. In addition to the material provided in Moodle asynchronously, one or two online sessions per week will be scheduled so that students can exchange ideas both with the teacher and with each other and solve doubts. The topics to be developed during that week will be previously notified by email to the students in order to take better advantage of these sessions. Students must send through the learning platform or by mail the deliverable tasks that will be considered for evaluation. Most of these tasks will be done in a group.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
The exam will consist of a series of theoretical and practical questions (of a similar level to those solved in class). The use of books will not be allowed.		
Other Activities	**Weight:**	30%
In this group, the exercises carried out in class and participation in classes will be taken into account. Since the methodology used will contain different gamification elements, these will also be considered for evaluation.		
Final Mark		
Final mark will be NFinal=0.7NExam+0.3NOtherActiv, where NExam and NOtherActiv are (from 0 to 10) the marks obtained in the two previous sections. The mark in the extraordinary call will be obtained exactly with the same evaluation procedure.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	54	29	25

Teaching Coordinator:	Miguel Ángel González Barrio		Dept:	FM
	Office:	116	e-mail	mabarrio@fis.ucm.es

Theory/Practicals/Seminars - Lecturer and timetable details

Group	Room	Day	Timetable	Lecturer	Period/ Dates	Hours	T/P/S*	Dept.
B	7	Tu Th	15:00-17:00 14:30-16:30	Fernando Sols Lucia Charles E. Creffield	Dates will be alternated throughout the semester	36 18	T/P	FM

*: T: theory, P: practicals, S: seminars

Tutorials - Lecturer and timetable details

Group	Professor	Timetable	e-mail	Place
B	Fernando 800514 Lucia	Mo, We, Fr: 11:00-13:00.	f.sols@fis.ucm.es	Office 108 2nd floor
B	Charles E. Creffield	Mo, We, Fr: 15:00-16:00 +3h telematic	c.creffield@fis.ucm.es	Office 106 2nd floor

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.

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

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

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.

Semi-online teaching (Scenario 1)

Partially in-person teaching will be adapted to the general UCM indications according to the relevant health situation, for example by dividing through each group into subgroups that will alternate between in-person and telematic attendance (e.g. choosing modality A, B, or a mode suggested by the circumstances).

Each teacher will decide the way to organize his/her group with respect to partially in-person teaching, as well as the evaluation activities. Teachers will inform their groups about the most suitable procedure for online attendance to the course, ensuring that lectures and relevant materials can be followed partially online, either synchronously or not, according to the technical circumstances of each classroom or the criterion of each professor. This methodology will be continuously reviewed and will be adapted to the particular teaching needs of each group.

Online teaching (Scenario 2)
Online teaching will be adapted as much as possible to the indications of the UCM, according to the relevant health situation at the time. Each teacher will decide how to organize the activities of their group for online teaching, as well as the evaluation activities. Teachers will publicize the appropriate procedure for following the teaching online, through the Campus Virtual for example. The relevant classes or materials will be prepared for online learning, which may include procedures such as streaming the classes synchronously, making the classes available for viewing asynchronously, or others, at the discretion of each teacher. This methodology will be continuously evaluated and adapted to the particular teaching needs of each group.

Evaluation		
Examinations	**Weight:**	75%
A final examination will be given, which will be graded between 1 and 10. In addition, one or two voluntary partial exams could be given, liberatory for the final exam. These partial exams will normally take place in class hours. In case they be held out of the class schedule, students will be warned well in advance, and special care will be taken for all the students be able to take these patial exams.		
Other forms of evaluation	**Weight:**	25%
The professor may propose a number of activities that will be graded between 1 and 10. The score obtained will be kept until the final exam of the extraordinary call. Problem sets will be issued for the students to solve and upload to the Campus Virtual.		
Final classification		
For in-person or partially in-person teaching, the final grade CF will be given by the formula: $CF = \max\{0.25*A + 0.75*E, E\}$ where E is the final exam score and A the final score of other activities. In scenario 2 (fully online): Both the evaluation and the relative weights of the continuous evaluation and the final exam will adapted, according to the criteria of each lecturer, to the online methodology followed and to the demands of the health situation. Professors will inform each group as they see appropriate, e.g. through the Campus Virtual.		

Bachelor in Physics
(Academic Year 2021-22)

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	54	29	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	3a Pl. Norte	**e-mail**	osmoreno@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Mon, Wed	15:00-17:00 14:30-16:30	Juan Abel Barrio	Full term	54	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Juan Abel Barrio	*Monday, from 17:00 to 18:30;* *Wednesday, from 16:30 to 18:00*	barrio@gae.ucm.es	Room 221, 3rd floor

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
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
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
Semi-online teaching (Scenario 1)
Face-to-face lectures to a subgroup of students, which will be broadcast live to the rest through Microsoft Teams, Google Meet, or a similar application, making use of the technical infrastructure available.
Online teaching (Scenario 2)
Streaming lectures where the key aspects of the subject will be presented via Microsoft Teams, Google Meet or a similar application. The rest of streaming sessions will be devoted to review and correct exercise sheets.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
The exam will consist of a series of questions and/or problems		
Other Activities	**Weight:**	30%
- Review of exercise sheets (0-30%). - Mid-term short exam (0-30%).		
Final Mark		
The final grade will be formed as 0.7*E + 0.3*A, where E is the mark in the final Exam (on a 0-10 scale) and A is the mark in the Other activities (on a 0-10 scale). The final mark will be obtained following the same evaluation procedure in the ordinary and extraordinary calls.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

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	43	28.5	14.5

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	Juan Pedro García Villaluenga		**Dept.**	EMFTEL
	Office	117	**e-mail**	jpgarcia@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Tu Th	17:00-18:30 16:30-18:00	Chantal Valeriani		28	T	EMFTEL
				Cristina Rincon		15	E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Chantal Valeriani	M,J: 13:00-14:30 Email or Google Meet	cvaleriani@ucm.es	D. 119, 1ª pl. Este
	Cristina Rincón	L,X: 12.30.14.30 Email or Google Meet	crrincon@ucm.es	106. 1ª Planta Módulo Este

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
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
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. • Practices of Numerical Simulation Seminars in Numerical Simulation. The days and hours are the ones indicated in this same file. The distribution of hours will be, approximately, the following: for every 4 hours of lectures, 3 hours will correspond to theoretical classes and 1 hour to practical classes
Semi-online teaching (Scenario 1)
Theory lectures and problem sessions will be held in-classroom attended by half of the group. Audios, blackboards and projections will be live broadcasted through the web for the other half.
Online teaching (Scenario 2)
(1) Regularly, in accordance with the course program, a document containing the theoretical and practical contents will be published on the virtual campus. (2) To complement the above point (1), the following may be carried out: (i) Using Google Meet for lectures both theoretical or practical (during class hours). All sessions will be recorded and will be available to the students. (ii) Self-assessment tests in the Virtual Campus, the sole objective of which is for students to be able to check their progress. (3) Forums will be created. (4) The students may contact their teachers as many times as needed. Tutorials can be carried out in the following ways: using Google Meet, email, the corresponding forum (general, thematic, etc.).

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
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		
Final Mark		
The final grade will be obtained by averaging the final exam grade (70%) and the continuous assessment (30%), except: a) If the exam grade is higher than the above mentioned average, in which case the final grade will be equal to the exam grade; b) the exam grade is lower than 4 out of 10, in which case the final grade will also be equal to the exam grade. The qualification of the extraordinary call of July will be obtained following exactly the same evaluation procedure.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

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	43	28.5	14.5

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	Antonio Dobado González		**Dept.**	FT
	Office	231.0 - 3ª pl. central	**e-mail**	dobado@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	M W	17:00-18:30 16:30-18:00	Ángel Rivas Vargas	Full term	43.0	Both	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Ángel Rivas Vargas	Mo, Th 15:00-16:30 Tu: 16:30-19:30	anrivas@ucm.es	West Wing, 3rd floor, Room 15

Syllabus

Topic 1: The Foundations of Quantum Mechanics.

Mathematics and notation of Quantum Mechanics. Pure states and unit rays. Observables and physical variables. Measurement outcomes and probabilities. Uncertainty relations. Complete set of compatible observables. State operator and mixed states. Filtering measurements. Time-evolution. Canonical quantization rules. Stationary states and constants of motion. Time-energy uncertainty relation. Evolution operator. Evolution pictures.

Topic 2: Symmetries in Quantum Mechanics.

Symmetry transformations and Wigner's theorem. Space translations. Rotations and angular momentum. Spin. Wigner-Eckart theorem. Parity and time-reversal. Symmetries sand conservation laws. Identical particles and symmetrization.

Topic 3: Time-dependent perturbations,

Perturbative expansion of transition amplitudes. Transitions to a continuum: Fermi's golden rule. Adiabatic approximation.

Topic 4: Scattering theory

Scattering by a central potential and cross sections. Scattering amplitude and differential cross sections. Integral representation of the scattering amplitude. Born approximation. Partial waves expansion and phase-shifts. Optical theorem. Calculation of phase-shifts for finite range potentials. Resonances. Coulomb scattering. S and T matrices.

Topic 5: Introductory Quantum Information and Quantum Computation

Classical and quantum composite systems. Bipartite systems, qubits and pure entangled states.

Bibliography

Basic:

- G. Auletta, M. Fortunato, G. Parisi, Quantum Mechanics, Cambridge University Press.
- L.E. Ballentine, Quantum Mechanics: A Modern Development, World Scientific.
- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantum Mechanics Vol. I & II. John Wiley & Sons.
- E. d'Emilio, L.E. Picasso, Problems in Quantum Mechanics: with solutions. Springer.
- A. Galindo y P. Pascual, Mecánica Cuántica Vol. I y II. Eudema Universidad.
- L. Landau & E.M. Lifshitz, Quantum Mechanics, Buttenworth-Heinemann.
- A. Messiah, Quantum Mechanics, Dover.
- L.I. Schiff, Quantum Mechanics, McGraw-Hill.
- M. Le Bellac, Quantum Physics, Cambridge University Press.

Complementary:

- J. Audretsch, Entangled Systems, Wiley-VCH.
- J.L. Basdevant and J. Dalibard Quantum mechanics, Springer.
- D.J. Griffiths, Introduction to quantum mechanics, Prentice Hall.
- K.T. Hecht, Quantum Mechanics, Springer.
- E. Merzbacher, Quantum Mechanics, John Wiley.
- L. E. Picasso, Lectures in Quantum Mechanics: A Two-Term Course. Springer.
- J.J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics, Addison-Wesley.
- F. Schwabl, Quantum Mechanics, Springer.
- R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Plenum Press.

Online Resources

UCM's Virtual Campus, Google Drive, Dropbox, Microsoft Teams, Google Meet.

Methodology
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
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.
Semi-online teaching (Scenario 1)
The methodology will be similar in the four groups of the subject. It will be chosen an A plus B mixed modality, consisting of in-person teaching for small groups, which may have both theoretical and practical content, along with online teaching. Some of the in-person sessions will be broadcast so that they can be remotely visualized by the subgroup of students that is not in the room. Other sessions will be repeated for the different subgroups. Written and/or audiovisual reinforcement material will be produced according the circumstances that may arise, and it will be made available to the students on the UCM's Virtual Campus.

Online teaching (Scenario 2)
This scenario would arise in the event that the health authorities and/or the UCM order the suspension of all in-person teaching activities due to the circumstances derived from the COVID19 pandemic. All teaching, both theoretical and practical, will be developed online, for which the appropriate materials will be produced in written and/or audiovisual format, using the resources available at the UCM. Lessons will be taught through the UCM's Virtual Campus in a synchronous or asynchronous way using Microsoft Teams or Google Meet, and questions will be answered by email and through online tutorials.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
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%
One, or more, written tests of continuous assessment carried out during the class time or outside of it.		
Final Mark		
The final mark will be given by max(0.7 (exam mark) + 0.3 (other activities mark), exam mark), on a 0-10 scale. A minimum mark will be required in the final exam in order to pass the course, which will depend on the scenarios in which the course is finally developed. The mark of the extraordinary call of June-July will be obtained following the same evaluation procedure.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

Physics of the Atmosphere		**Code**	800511	**Year**	3rd	**Sem.**	2nd
Module	Applied Physics	**Topic**	Compulsory for Applied Physics			**Character**	Optional

	Total	**Theory**	**Pract./Semin.**	**Lab.**
ECTS Credits	6	4.2	1.8	
Semester hours	43	30	7	6

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

- *To acquire knowledge on the main physical characteristics and processes regulating the atmosphere's behavior.*
- *To identify the physical laws (radiation, thermodynamics, dynamics) regulating the main atmospheric processes.*
- *To acknowledge the atmosphere's role as one of the main components of the climate system, and to identify the basic aspects of the Physics of climate change.*
- *To apply the acquired knowledge to practical cases through problem solving and practical training*

Brief description of contents

Atmospheric composition; solar and terrestrial radiation; energy balance; water vapor and cloud formation; air motion equation; weather analysis and prediction; climate changes.

Prerequisites

Coordinator	Carlos Yagüe Anguís		**Dept.**	FTA
	Office	110, 4th floor, east	**e-mail**	carlos@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	10	Mo We	17:00-18:30 16:30-18:00	Elsa Mohino Harris	Entire semester	37	T/E	FTA

T: Theory, E: Exercises

Group	Computer Lab	Day - hours	Professor	Hours	Dept.
LB1	M2	23/3, 6/4, 20/4, 27/4 (16:30 – 18:00)	Elsa Mohino Harris	6	FTA
LB2	M2	23/3, 6/4, 20/4, 27/4 (16:30 – 18:00)	Luis Durán Montejano	6	FTA

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Elsa Mohino Harris	Mo: 15:30-17:00 We: 15:00-16:30 (+ 3h online)	emohino@ucm.es	105, 4th floor, east
	Luis Durán Montejano	Tu, Th: 13:00-14:30 (+ 3h online)	luduran@ucm.es	224, 4th floor, centre

Syllabus

Theory

1. Introduction. Physics of the atmosphere. Air composition. Origin of Earth's atmosphere. Vertical distribution of atmospheric mass. Vertical distribution of temperature.
2. Fundamental thermodynamic processes in the atmosphere. Equation of state for air. Virtual temperature. Hydrostatic equation. Adiabatic processes. Potential temperature.
3. Water vapor in air. Phases of water in the atmosphere. Saturation. Moisture parameters. Formation of fog and clouds.
4. Atmospheric stability and cloud formation. Ascent of air parcels: temperature variation. Dry adiabatic and saturated adiabatic lapse rates. Adiabatic and pseudoadiabatic ascent. Static stability. Convection and cloud formation. Thermodynamic diagrams.
5. Energy balance. Heat transfer in the atmosphere. Solar and terrestrial radiation. Fundamental radiation laws. Absorption, emission and equilibrium. Greenhouse effect. Total energy balance. Implications for climate change studies. Latitudinal variations of energy balance.
6. Temperature. Hemispheric seasonal variations in temperature: causes and effects. Local seasonal variations in temperature. Daily temperature variations. Measuring air temperature.
7. Air pressure and winds. Atmospheric pressure. Variation with height. Forces that influence the winds. The geostrophic wind. The gradient wind. Effect of surface friction.
8. Weather analysis and prediction. Global observing system. Meteorological maps. Weather forecasting methods using meteorological maps. Current weather forecasting. Numerical models. Weather predictability.

Practice:

Four practice sessions will be held in the computer lab.

Bibliography

BASIC

- C.D. Ahrens and R. Henson (2019). Meteorology Today, 12th edition. Cengage. Also online resource from the library: https://ucm.on.worldcat.org/oclc/1227788986
- J.M. Wallace and P.V. Hobbs (1977, 1st edition; 2006, 2nd edition). Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press. Elsevier

COMPLEMENTARY

- R.B. Stull (2000). Meteorology for Scientists and Engineers, 2nd ed. Brooks/Cole Thomson Learning.
- Sendiña Nadal and 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.

Online Resources

Virtual campus

Meteorology and Climate virtual laboratory: http://meteolab.fis.ucm.es/

Methodology

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

The following training activities will be conducted:

- Theory lessons where the main concepts of Physics of the Atmosphere will be explained, including examples and applications.
- Problem solving classes will be combined with theory lessons to provide an adequate complement.
- Questionnaires and/or practical exercises will be proposed through the use of Virtual Campus.
- Practice sessions in the Computer Lab. Four practice sessions will be conducted (90 minutes each) to reinforce the explained theoretical concepts.

For the theory lessons, projected computer presentations and explanations with the blackboard will be used. Occasionally, the lessons can be complemented with real cases of particular meteorological situations.

The computer presentations and proposed exercises will be provided to the students through the virtual campus in advance.

As part of the continuous evaluation, students will have to hand in the proposed exercises and practice reports in due time, as specified.

Semi-online teaching (Scenario 1)

Modality A will be followed. Training activities will be provided as in 'Scenario 0' to one of the subgroups in which the students will be grouped (if room restrictions prevent the whole group from attending the lesson). The rest of the students will be able to follow the lesson on-line, rotating each week the attending subgroup. The lesson will be broadcasted synchronously using a webcam (and on-line software as Google Meet or similar), so the at-distance subgroup will be able to follow the blackboard explanations and computer presentations, which will be provided in advance through the Virtual Campus.

Practice sessions in the computer lab will be 100% on-campus.

On-line connections for individual and group tutorials will be favored, with Google Meet or similar applications.

Online teaching (Scenario 2)

On-campus theory lessons will be replaced by recorded videos, which will be provided asynchronously to students through the Virtual Campus. In addition, synchronous on-line sessions will be held to allow for clarification of students' questions, and further explanations regarding the general content provided in the videos and particular details of problem solving. Such synchronous on-line sessions will use the official time slots provided. The provision of the computer presentations as well as the handing over of exercises for the continuous evaluation will be kept.

Practice sessions will be adapted in this scenario by providing the students, if necessary, with the required software and data. This adaptation will include synchronous sessions with students, who will later on work separately.

On-line connections for individual and group tutorials will be used Google Meet or similar applications.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
A Final Exam will be performed, which can consist of multiple-choice questions, short questions with theoretical and/or practical argumentation and/or problem solving. No reference material will be allowed. The Final Exam (Nexam) will be marked over 10.		
Other Activities	**Weight:**	30%
Throughout the course, as part of the continuous evaluation, students will hand in the proposed exercises in due time, as specified. A partial test can be proposed in class time. It can include multiple-choice questions and/or exercises. The test will be announced in advance in class and through the Virtual Campus. Lab practices, to which attendance is compulsory, will be held as programmed. Students will hand in a report for each of them. The overall mark for Other Activities (NOtherActiv) will be provided over 10.		
Final Mark		
The final mark will be the result of the following equation: CFinal = 0.7 x NExam + 0.3 x NOtherActiv, where NOther is the mark for Other Activities and NExam the one obtained in the Final Exam. The mark for the June-July resit will be obtained following the same evaluation procedure.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

Physics of the Earth			**Code**	800512	**Year**	3rd	**Sem.**	2nd
Module	Applied Physics	**Topic**	Mandatory Applied Physics		**Character**	Optional		

	Total	**Theory**	**Exercises**	**Lab**
ECTS Credits	6	4.2	1.8	
Semester hours	43	30	8.5	4.5

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

• Apply the principles of Physics to the study of the Earth.

• Know the fundamental physical processes of the Earth and apply mathematical methods for their understanding and analysis.

• Know the basic techniques to study the physical properties, structure and dynamics of the Earth.

• Know the methods for resources exploration and evaluating and mitigating natural risks.

• Recognize the influence of the physical properties of the Earth in all physical observations and experiments (LHC, satellites, etc.)

Brief description of contents

Structure of the Earth; radioactivity, Earth's age and heat flow; gravity field; Earth magnetic field: internal field and external field; gravimetric and magnetic anomalies; Physics of earthquakes, seismic waves.

Prerequisites

Knowledge of Physics and Mathematics at the level of 2nd Grade in Physics

Coordinator	María Luisa Osete López		**Dept.**	FTA
	Office	115	**e-mail**	mlosete@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	Dept.
B	10	Tu Th	17:00-18:30 16:30-18:00	Fátima Martín Hernández	24/1-11/3	19,5	FTA
				Juan José Ledo	14/3-10/5	19	FTA

Laboratory – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Hours	Dept.
B	M2	1/3; 19/4; 3/5	17:00-18:30	Fátima Martín Hernández	4.5	FTA
	M2	1/3; 19/4; 3/5	17:00-18:30	Juan José Ledo	4.5	FTA

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	Fátima Martín Hernández	Friday 10:00-13:00	fatima@ucm.es	Room 103, 4th floor, east side
	Juan José Ledo	M y X: 13.00h-16.00h	jledo@ucm.es	Room 101, 4th floor, east side

Syllabus

1. INTRODUCTION. Physics of the Earth. Concepts and developments of Geophysics. Characteristics of Geophysics. Disciplines and fields of study. Coordinate systems

2. GRAVITY AND FIGURE OF THE EARTH. Size and shape of the Earth. Rotation of the Earth. Laplace's equation. Figure of the Earth. The Geoid and the Ellipsoid Normal gravity.

3. MEASURES AND ANOMALIES OF GRAVITY. Free-air anomaly. Bouguer anomaly. Isostasy. Interpretation of local and regional anomalies.

4. GEOMAGNETISM. Sources of the Earth's Magnetic Field. Components of the Earth's Magnetic Field. Harmonic analysis: separation of internal and external source of the Geomagnetic field.

5. INTERNAL MAGNETIC FIELD OF THE EARTH. Dipole field. Geomagnetic poles and Geomagnetic coordinates. Non-dipole field. International Geomagnetic Field of Reference. Temporal variation of the Internal Field.

6. PALEOMAGNETISM. Rock Magnetic Properties. Remanent magnetization. Geomagnetic Virtual Poles. Paleomagnetic Poles. Apparent Polar Wonder Path. Paleomagnetism and continental drift. Geomagnetic field reversals. Marine magnetic anomalies.

7. EXTERNAL MAGNETIC FIELD OF THE EARTH. Origin of the External Field. Source. Structure of the Magnetosphere. Ionosphere. Variations external field: diurnal variation, magnetic storms. Polar auroras.

8. GENERATION AND PROPAGATION OF SEISMIC WAVES. Mechanics of an elastic medium: elastic parameters of the Earth. Seismic waves: body waves and surface waves. Reflection and refraction of body waves. Trajectories and travel time.

9. INTERNAL STRUCTURE AND DYNAMICS OF THE EARTH. Earth's radial seismic waves velocity. Reference Earth Models. Physical and compositional stratification of the Earth. Density, gravity, and pressure within the Earth. Seismic tomography. Dynamic of plate tectonics.

10. EARTHQUAKES. Location and time of origin. Global seismicity plate tectonics. Size of an earthquake: intensity, magnitude, energy. Gutenberg-Richter Law.

11. AGE AND THERMAL STATE OF THE EARTH. Radiometric age determination. Temperature distribution inside the Earth. Heat sources. Heat flow. Heat transport.

Experiences (3 sessions taught by the two teachers of each group):

1. Gravimetry. Application of gravimetric corrections: treatment and representation of data.

2. Paleomagnetism. Operation of a paleomagnetism laboratory. Analysis archaeomagnetic data. Use of archaeomagnetism as a dating technique.

3. Geochronology. Radiometric dating. From isotopic ratios determine the age of a material.

Bibliography

Fundamental
• W. Lowrie and A. Fichtner (2020, 3ª edición). Fundamentals of Geophysics. Cambridge Univ.
• W. Lowrie (2011). A Student's Guide to Geophysical Equations. Cambridge Univ.
• 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.
• Udías and J. Mezcua (1997). Fundamentos de Geofísica. Textos. Alianza Universidad
Complementary
• E. Buforn, C. Pro, A. Udías. (2010). Problemas resueltos de Geofísica. Pearson Education S. A

Online Resources

Campus virtual

'Lecture notes' from MIT Open Course:

Essentials of geophysics: http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-201-essentials-of-geophysics-fall-2004/

PDF's of class notes will be upload.

Methodology

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

The following training activities will be developed:

1. Theory lessons where the main concepts of matter will be explained, including real examples and applications.

2. Problems solving classes that will be combined with the theoretical lessons that complement each other appropriately.

3. Practices: three practices will be carried out.

As part of the continuous assessment, students must submit solved exercises individually.

Semi-online teaching (Scenario 1)

MODEL A

Students will be divided into subgroups whose size meets the maximum capacity allowed in the classroom, taking into account the established sanitary restrictions. Classes will be taught in the usual regime, but only one of the subgroups of students will attend in person. The rest of the students will follow the class remotely, rotating each subgroup in person on a weekly basis. To follow up remote classes, the Teams, Google Meet or similar tool will be used. The practical sessions will be face-to-face for all students.

Online teaching (Scenario 2)

Online classes of problems, questions, review of fundamental concepts and practices will be done with the tools available on the virtual campus. The theoretical and master classes will be available on the virtual campus through Videos, power-points with audio, etc.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
The exam will consist of a series of theoretical and practical questions (of a similar level to those solved in class). The grade obtained will be Nexam.		
Other Activities	**Weight:**	30%
During the course, the student will deliver individually the problems, activities, and reports of practices, as well as questions that the professor indicates to him on the dates that he determines, provided that on that date you have attended at least 70% of the classes (if the activity is face-to-face). Only those students who have attended at least 70% of the classes (if the teaching is face-to-face) would obtain a mark (NOtherAct) on these tasks.		
Final Mark		
The final grade will be the best of the options: CFinal = 0.7Nexam + 0.3NOtherAct, CFinal = Nexam Where NOtherAct is the qualification corresponding to Other Activities and Nexam the one obtained in the Final exam. The qualification of the extraordinary call of June-July will be obtained following exactly the same evaluation procedure.		

7. Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Fundamental)

Grado en Física (curso 2021-22)

Física Atómica y Molecular		Código	800524	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Obligatoria de Física Fundamental	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	43	28.5	8.5	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 Mecánca 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 Atomo 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	241 3ªpl	e-mail	jaime_ros@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	8	L,X	10:30-12:00	Blanco Ramos, Francisco	Todo el semestre	37	T/P	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	8	M,J	12:00-13:30	Rosado Vélez, Jaime	Todo el semestre	37	T/P	
D	3	M V	18:30-20:00 17:00-18:30	Rosado Vélez, Jaime	Todo el semestre	37		

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Blanco Ramos, Francisco	1er cuat.: L, X: 12:00-13:30 2º cuat.: X, V: 12:00-13:30	pacobr@fis.ucm.es	222. 3ª Planta Módulo Central
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C y D	Rosado Vélez, Jaime	M,V: 15:30-17:00	jrosadov@ucm.es	241. 3ª Planta Módulo Central

PRÁCTICAS DE CÁLCULO NUMÉRICO				
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**
I1.1	M2	M 05/10/2021 17:00-18:30	Blanco Ramos, Francisco	1.5
I1.2	M2	X 06/10/2021 15:30-17:00		1.5
I1.3	M2	J 07/10/2021 17:00-18:30		1.5
I1.4 (inglés)	M2	X 06/10/2021 14:00-15:30	Nieto Castaño, Daniel	1.5
I2.1	M2	M 19/10/2021 17:00-18:30	Blanco Ramos, Francisco	1.5
I2.2	M2	X 20/10/2021 15:30-17:00		1.5
I2.3	M2	X 20/10/2021 17:00-18:30		1.5
I2.4 (inglés)	M2	X 20/10/2021 14:00-15:30	Nieto Castaño, Daniel	1.5

Las primeras sesiones están dedicadas a la primera práctica y las siguientes a la segunda práctica.
La inscripción se realizará durante el curso cuando lo indique el profesor.
No es obligatoria la asistencia a estas sesiones, pero es recomendable para resolver dudas.
Se habilitará la asistencia telemática en todas las sesiones.
El alumno deberá visualizar el vídeo explicativo de la práctica correspondiente antes de asistir a la sesión.

LABORATORIOS				
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**
L.C1(2)	(1)	M 26/10/2021 12:00-13:30	Rosado Vélez, Jaime Blanco Ramos, Francisco	1.5
L.X1	(1)	M 26/10/2021 15:30-17:00		1.5
L.X2	(1)	M 26/10/2021 17:00-18:30		1.5
L.D1(2)	(1)	M 26/10/2021 18:30-20:00		1.5
L.A2(2)	(1)	X 27/10/2021 10:30-12:00		1.5
L.X3	(1)	X 27/10/2021 15:30-17:00		1.5
L.C2(2)	(1)	J 28/10/2021 12:00-13:30		1.5
L.X4	(1)	J 28/10/2021 15:30-17:00		1.5
L.X5	(1)	V 29/10/2021 15:30-17:00		1.5
L.D2(2)	(1)	V 29/10/2021 17:00-18:30		1.5
L.C3(2)	(1)	M 02/11/2021 12:00-13:30		1.5
L.X6	(1)	M 02/11/2021 15:30-17:00		1.5
L.X7	(1)	M 02/11/2021 17:00-18:30		1.5
L.D3(2)	(1)	M 02/11/2021 18:30-20:00		1.5
L.A3(2)	(1)	X 03/11/2021 10:30-12:00		1.5
L.X8	(1)	X 03/11/2021 15:30-17:00		1.5
L.C4(2)	(1)	J 04/11/2021 12:00-13:30		1.5
L.X9	(1)	J 04/11/2021 15:30-17:00		1.5
L.X10	(1)	V 05/11/2021 15:30-17:00		1.5
L.D4(2)	(1)	V 05/11/2021 17:00-18:30		1.5
L.A3(2)	(1)	L 08/11/2021 10:30-12:00		1.5
L.A4(2)	(1)	X 10/11/2021 10:30-12:00		1.5
L.B1(2) (inglés)	(1)	L 27/10/2021 14:00-15:30	Nieto Castaño, Daniel	1.5
L.B2(2) (inglés)	(1)	X 03/11/2021 14:00-15:30		1.5

(1) Laboratorio de Física Atómica y Molecular (8 puestos de trabajo).
(2) No hay clase de teoría del grupo cuyo horario coincide con esta sesión de laboratorio.
La inscripción se realizará durante el curso cuando lo indique el profesor.
Es obligatorio realizar una de estas sesiones de laboratorio para aprobar la asignatura.
En casos debidamente justificados, se habilitarán sesiones de recuperación.

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
Material docente proporcionado a través del campus virtual.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Una combinación de las modalidades A y B: Se grabarán con antelación explicaciones para algunas lecciones teóricas que se harán disponibles en el Campus Virtual. Estas lecciones se complementarán con sesiones presenciales con cada subgrupo para la resolución de problemas y aclaración de dudas. Para el resto del temario, se harán clases presenciales, tanto teóricas como de problemas, que se retransmitirán en directo para que los estudiantes que no puedan acudir al aula las puedan seguir en remoto. En estas clases se proyectarán presentaciones de diapositivas y se usará alguno de los medios disponibles en la Facultad (pizarra electrónica o grabación con cámara de la clase con pizarra tradicional). Las grabaciones de estas clases también se harán disponibles en el Campus Virtual. Se grabarán vídeos explicativos de las prácticas, tanto las de cálculo numérico como las de laboratorio, que se harán disponibles a través del Campus Virtual junto con otro material de apoyo. Los alumnos deberán visualizar el vídeo de cada práctica antes de realizarla de manera individual en el laboratorio o en el aula de informática con las correspondientes medidas de higiene y por turnos. Se facilitarán además juegos de medidas complementarias de aquellas prácticas de laboratorio que no puedan realizarse presencialmente en su totalidad durante el turno de medida.
Docencia en línea (Escenario 2)
Las clases teóricas y de problemas se grabarán y estarán disponibles a través del Campus Virtual. Se realizarán sesiones telepresenciales en Microsoft Teams o Google Meet en horario de clase para discusión de los problemas y aclaración de dudas. Las prácticas, tanto las de cálculo numérico como las de laboratorio, se harán de manera virtual. Para ello, se grabarán vídeos explicativos de las prácticas que se harán disponibles a través del Campus Virtual junto con otro material de apoyo y juegos de medidas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Examen final práctico de resolución de ejercicios de nivel similar al estudiado durante el curso, pudiéndose consultar apuntes propios.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Cuatro prácticas, cuya realización es obligatoria para aprobar la asignatura, y dos ejercicios entregables o cuestionarios en el CV , uno para cada parte de la asignatura.		
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. Las 4 prácticas obligatorias tendrán un peso del 30% del total. De no realizarse alguna de ellas, la calificación final de la asignatura será 0. Los dos ejercicios entregables tendrán un peso del 10%. No serán obligatorios para aprobar la asignatura pero, de no entregarse, se calificarán como 0 manteniendo el peso indicado del 10%.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Electrodinámica Clásica		Código	800525	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Obligatoria de Física Fundamental	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2
Horas presenciales	43	28.5	14.5

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	Norbert M. Nemes		Dpto.	FM
	Despacho	121	e-mail	nmnemes@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	8	X V	09:00-10:30 10:30-12:00	Norbert M. Nemes	Todo el semestre	43	T/P	FM
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	8	L,V	12:00-13:30	Francisco Navarro Lérida	Todo el semestre	43	T/P	FT
D	3	L,J	18:30-20:00	Norbert M. Nemes	Todo el semestre	43	T/P	FM

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Norbert M. Nemes	L:17:00-18:30, V: 9:00-10:30 Tutorías online todo el año académico	nmnemes@fis.ucm.es	121 (3ªplanta)
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Francisco Navarro Lérida	L: 11:00-12:00 y 15:00-17:00 X: 11:00-14:00	fnavarro@fis.ucm.es	25 3ª planta oeste
D	Norbert M. Nemes	L:17:00-18:30, V: 9:00-10:30 Tutorías online todo el año académico	nmnemes@fis.ucm.es	121 (3ªplanta)

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. Dipolos en campos electromagnéticos constantes
- 4.4. Dinámica del campo electromagnético

5. Radiación electromagnética
- 5.1. Radiación por cargas en movimiento
- 5.2. Reacción de la radiación
- 5.3. Radiación multipolar

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)
- Lecture notes of prof. I. Scimemi on Classical Field Theory (available on Virtual Campus)

Recursos en internet
1. Campus virtual de los grupos respectivos 2. Página web de los departamentos, 3. https://sites.google.com/site/luisjgaray/

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
Clases de teoría y problemas.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. El material de algunos de los temas podría ser grabado previamente y puesto a disposición de los alumnos en el Campus Virtual. En este caso la docencia presencial se dedicaría a resolución de problemas, clases prácticas, etc, para cada subgrupo. Se podrán utilizar, como apoyo, vídeos sobre el temario sacados de internet.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se proporcionará material a través del Campus Virtual con el contenido de los temas y problemas que se desarrollarán a lo largo del curso. Se realizarán sesiones online a través de las herramientas Microsoft Teams o Google Meet o similar, que se anunciarán con la suficiente antelación en el Campus Virtual, cuyo objetivo será presentar temas de teoría, así como la resolución de problemas y dudas. Se podrán utilizar, como apoyo, vídeos sobre el temario sacados de internet.

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 2021-22)

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	43	27	16

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	Francisco Javier Gorgas García		Dpto.	FTA
	Despacho	D. 13, Pl. Baja Oeste	e-mail	jgorgas@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	3	L X	15:30-17:00 17:00-18:30	Gorgas García, Francisco Javier	43	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
A	Gorgas García, Francisco Javier	L: 17.00h-19.00h J: 10.00h-12.00h	jgorgas@ucm.es	D. 13, Pl. Baja Oeste

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.
4. ***- The Stars, Their Structure and Evolution (1994). R.J. Tayler, Cambridge University Press.***
Recursos en internet
1. Campus Virtual
2. Se usarán diversos simuladores de modelos de interiores estelares y de evolución estelar que se especificarán durante el curso

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
Clases magistrales. Clases prácticas consistentes en ejercicios a resolver en clase.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Modalidad A Las clases se impartirán en el horario señalado. Para cumplir las medidas de distanciamiento, la asistencia de alumnos se establecerá por subgrupos que irán rotando semanalmente. Para el seguimiento del subgrupo no presencial se utilizará clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. Si no se puede retransmitir, se usará la herramienta Google Meet o similar. En cualquier caso las clases quedaran grabadas y las grabaciones y presentaciones se proporcionarán en el Campus Virtual.
Docencia en línea (Escenario 2)
Las clases teóricas se grabarán de forma asíncrona y estarán disponibles a través del Campus Virtual, y se realizarán sesiones síncronas (en Google Meet) en el horario de la asignatura para resolución de dudas y problemas. Si fuera preciso aplicar este escenario se proporcionará (CV) un calendario detallado de las sesiones on line junto con los enlaces.

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%
Con el objetivo de realizar una evaluación continua de cada alumno se propondrán obligatoria u opcionalmente: • la realización y entrega de una lista de ejercicios evaluables a trabajar individualmente. • posibles trabajos adicionales.		
Calificación final		
La calificación final será la mayor de la nota en el examen ($N_{Exámen}$) o de la nota siguiente: $N_{Final} = 0.7N_{Exámen} + 0.3N_{OtrasActiv}$, 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 julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	27	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	3, pl. baja O	e-mail	sergiopr@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	3	L X	17:00-18:30 18:30-20:00	Sergio Pascual Ramírez	27	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Sergio Pascual Ramírez	M, V: 12.00h-13.30h	sergiopr@fis.ucm.es	Despacho 3, pl. baja O

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
LA1	Aula Informática	Martes 18:30-20:00	Begoña García-Conde Navarro	16	FTA
LA2	Aula Informática	Miércoles 18:30-20:00	Cristina Cabello González	16	FTA
LA3	Aula Informática	Jueves 18:30-20:00	Cristina Cabello González	16	FTA

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. (Laboratorio de Informática del Observatorio UCM)
4. Orientación en el cielo virtual II. Sistema Solar, conjunciones, eclipses. (Laboratorio de Informática del Observatorio UCM)
5. Astrometría. Determinación de coordenadas, velocidades y distancias. (Laboratorio de Informática del Observatorio UCM)
6. Observación solar. Observación de las manchas solares y la cromosfera. Observación del espectro solar. (Observatorio UCM)

Bibliografía

Básica:

- “Observational Astronomy”, D. Scott Birney, G. Gonzalez, D. Oesper, Cambridge Univ. Press.
- “Astronomical Observations”, G. Walker. Cambridge Univ. Press.

Especializada:

- “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

- Página web de la asignatura http://www.ucm.es/info/Astrof/docencia/ast_obs_grado/
- Recopilación de enlaces de interés en http://www.ucm.es/info/Astrof/

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

La asignatura combina clases magistrales de teoría y problemas con la realización de prácticas en el Observatorio astronómico UCM y en el Laboratorio de Informática del propio Observatorio.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Modalidad A:

Las clases de teoría y prácticas se impartirán en el régimen habitual, a las que asistirá sólo uno de los grupos de estudiantes.

El resto de estudiantes seguirá la clase mediante conexión remota conpresentación de diapositivas y grabación con cámara de la clase, lo quepermite la participación de los estudiantes a distancia.

Las clases que se graben se pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual. Para las prácticas, los alumnos que no asistan al aula de informática se podránconectar remotamente a los ordenadores donde habitualmente se hacen de forma presencial.

Docencia en línea (Escenario 2)

Para cada tema se pondrán a disposición de los alumnos una serie de vídeos explicando las transparencias del tema. Se dividirán en varios vídeos temáticos de una duración corta. Se animará a los estudiantes a que envíen sus dudas por correo electrónico (en texto o audio). Por otro lado, después de dejar unos días para que los estudiantes revisen los vídeos, se impartirá una clase online donde el profesor de la asignatura contestarán las dudas que hayan llegado y las preguntas que surjan en ese momento.

Las prácticas se realizarían oline en los mismos horarios ya establecidos.

Las dudas sobre las prácticas se podrían preguntar en las mismas clases online de teoría.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El exámen 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 2021-22)

Relatividad General y Gravitación		Código	800533	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	43	27	11.5	4.5

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	Fernando Ruiz Ruiz			Dpto.	FT
	Despacho	D11, 3ª O	e-mail	ferruiz@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	8	M,J	9:00-10:30	Fernando Ruiz Ruiz	Todo el semestre	43	T y P	FT
B	8 3	X V	12:00-13:30 14:00-15:30	Felipe Llanes Estrada	Todo el semestre excepto del 25/10 al 05/11	37	T y P	FT
				Alexandre Salas Bernárdez	25/10 a 05/11	6	P	FT

Tutorías

Grupo	Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
A	Fernando Ruiz Ruiz	L, X, J: 12:00-13:30 M: 15:30-17:00	ferruiz@fis.ucm.es	D11 3ª pl. Oeste
B	Felipe Llanes Estrada	X: 14:00 - 17:00 V: 10:30 - 13:30	fllanes@ucm.es	D24 3ª pl. oeste
	Alexandre Salas Bernárdez	M: 15:00-18:00	alexsala@ucm.es	D2. 3ª pl. oeste

Programa de la asignatura
1. Introducción. 2. Principios de la Relatividad general y experimentos que los sustentan. 3. Repaso de la gravedad newtonianay de la relatividad especial. 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. 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 en un por un campo gravitatorio.

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)
Recursos en internet
Se utilizará el CAMPUS VIRTUAL. En él se proporcionarán recursos de interés para la asignatura.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
• 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 la pizarra, 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 en su despacho a los alumnos en el horario especificadode tutorías, con objeto de resolver dudas, ampliar conceptos, etc. El material de la asignatura estará disponible para los alumnos en el Campus Virtual.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
La misma que en el caso de docencia presencial 100%, salvo que las clases se retrasmitirán en directo, de forma que el 50% de los alumnos de cada grupo pueda asistir a las clases en el aula y la otra mitad seguirlas en línea.
Docencia en línea (Escenario 2)
Clases teóricas y de problemas impartidas mediante uso de herramientas on-line que se emitirán en el horario de clase. La dudas se resolverán por correo electrónico y a través de tutorías en línea en el horario correspondiente. Se proporcionará el material a través del Campus virtual.

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 2021-22)

Física Nuclear		Código	800535	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	43	26	10	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	Luis Mario Fraile Prieto		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	230 (3ª planta)	e-mail	lmfraile@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	19	L, X	12:30-14:00	Luis Mario Fraile Prieto	Primer semestre	26	T	EMFTEL
				Óscar Moreno Díaz	Primer semestre	10	P	
B	3	M, J	17:00-18:30	José Manuel Udías Moinelo	Primer semestre	26	T	
				Victor Sánchez – Tembleque Verbo	Primer semestre	10	P	

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) Sesiones de mañana y tarde, horario por determinar	Mailyn Pérez Liva	7	EMFTEL
2		Jaime Benito García	7	
3		Javier Rodríguez Murias	7	
4		Mailyn Pérez Liva	7	
5		Marcos Llanos Expósito	7	
6		Víctor Sánchez-Tembleque V.	7	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Luis Mario Fraile Prieto	M y J: 10:00 a 11:00 Con cita previa por correo	lmfraile@ucm.es	Despacho 230, 3ª planta central
	Óscar Moreno Díaz	L: 17:30-19:00, M: 19:00-20:30 (06/09/21 al 07/11/21) M y J: 19:00-20:30 (08/11/21 al 17/12/21)	osmoreno@fis.ucm.es	3ª planta central-Pasillo Norte (sin número de local)
B	José Manuel Udías Moinelo	M y J: 15:00-16:30 Otro horario a confirmar por email previamente	jose@nuc2.fis.ucm.es	227.0, 3º Planta Central
	V. Sánchez-Tembleque	M y J 17:00-18:00	victosan@ucm.es	226-3ª Planta módulo central

Programa de la asignatura

TEORÍA

1. Interacción nucleón-nucleón: Rango, intensidad, simetrías. Sistemas de pocos nucleones: el deuterón. Dispersión nucleón-nucleón. Isoespín.
2. Profundización en las propiedades estáticas de los núcleos complejos. Forma, tamaño y energía de ligadura. Energías de separación. Energía de apareamiento. Espectros vibracionales y rotacionales. Espectro de partícula independiente. Momentos electromagnéticos nucleares.
3. Campo medio, métodos autoconsistentes y modos colectivos. Interacciones efectivas dependientes de la densidad. Interacción residual. Interacción de apareamiento. Aproximación Hartree-Fock-Bogoliubov. Del modelo del gas de Fermi a la teoría de Brueckner- Hartree- Fock y más allá.
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. 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. Métodos de espectroscopia nuclear.
8. 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, anticoincidencias 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

- W. Greiner, J. A. Maruhn: Nuclear Models. (North-Holland Pub. Co., 1978)
- K. Heyde: Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics. An Introductory Approach. (Institute of Physics, 2002)
- K. S. Krane: *Introductory Nuclear Physics.(John Wiley and Sons, 1982)*

Complementaria

- 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)*
- G. F. Knoll*: Radiation Detection and Measurement.* (Para las prácticas). (Wiley, 2000)

Recursos en internet

http://nuclear.fis.ucm.es/FN

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

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 procurará que todo el material de la asignatura esté disponible para los alumnos bien en reprografía, bien a través de Internet, en particular en el Campus Virtual.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se optará por la modalidad B, 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.

Para las prácticas la duración de las sesiones de cada alumno se reducirán a la mitad, de forma que habrá la mitad de alumnos en cada sesión. En esta sesión abreviada, al alumno se le explicará la práctica, el guión, se familizairzará con los detectores y el procesado de los datos y, dado el tiempo reducido, se le llevará hasta el punto en el que comience a tomar los datos. No completará la toma de datos, porque habrá menos tiempo, pero se le facilitarán, antes de irse o a través del campus virtual el conjunto de datos suficiente como para preparar el informe. Tendrá acceso a la práctica virtualizada por si requiere explicaciones adicionales.

Docencia en línea (Escenario 2)

Se realiza toda la docencia en línea con clases presenciales a distancia, usando el mismo material que en la docencia semi-presencial y con la resolución de dudas y ejemplos de manera remota con sesiones de telepresencia y material de apoyo al estudiante.

Las prácticas se realizarán de forma completamente remota. Se dispondrá de todas las practices virtualizadas, con vídeos explicativos, ejemplos, descripción de la instrumentación y procedimientos de toma de datos. Se proporcionarán datos randomizados a los alumnos a través del campus virtual y página web de la asignatura.

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		
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 julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	26	11	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	Fernando Arqueros Martínez			**Dpto.**	EMFTEL
	Despacho	223 (3ª planta)	**e-mail**	arqueros@ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	3	M,J	15:30-17:00	Fernando Arqueros Martínez	37	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Laboratorio Física Atómica, Nuclear y de Partículas. 3ª Planta Módulo Norte	14/10/2021: 10:30-13:30, 17:00-20:00	Barrio Uña, Juan Abel	6	EMFTEL
L2		15/10/2021: 10:30-13:30, 15:00-18:00	Barrio Uña, Juan Abel	6	
L3		18/10/2021: 15:00-18:00 19/10/2021: 16:30-19:30	Barrio Uña, Juan Abel	6	
L4		20/10/2021: 10:30-13:30, 15:00-18:00	BarrioUña, Juan Abel López Moya, Marcos	3 3	
L5		21/10/2021: 10:30-13:30, 16:30-19:30	López Moya, Marcos	6	
L6		22/10/2021: 10:30-13:30, 15:00-18:00	López Moya, Marcos	6	
L7		25/10/2021: 10:30-13:30, 15:00-18:00	López Moya, Marcos	6	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Fernando Arqueros Martínez	M y J: 17:00-18:00 Además, pidiendo cita por email para tutoría on-line	arqueros@ucm.es	223, 3ª pl.
	Juan Abel Barrio Uña	1er cuat.: M, J: 11:30-13:00 2º cuat.: L: 17:00-18:30, X:16:30-18:00	barrio@gae.ucm.es	221. 3ª planta central
	Marcos López Moya	M y X: 14:00-17:00	marcolop@ucm.es	220. 3ª planta central

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

Programa de la asignatura

TEORIA

- 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 (desintegración nuclear).
  Propiedades del núcleo atómico. Desintegración alfa y beta. Emisión de rayos gamma. Conversión interna. Leyes de desintegración. Cadenas radiactivas. Equilibrio secular. Producción de isótopos. Radiactividad natural.
- Aplicaciones
  Introducción a la dosimetría de radiaciones. Técnicas de datación. Aplicaciones médicas.

PRACTICAS DE LABORATORIO

1) Interacción de rayos X y gamma con la materia
   a) Empleando un centelleador de INa y un fotomultiplicador convencional.
   b) Empleando un centelleador de ICs y un fotomultiplicador de Si.
   c) Empleando un detector de Germanio (HPG)
   El alumno hace la práctica en uno de estos 3 sistemas disponibles.
2) Estudio experimental de las propiedades estadísticas del recuento de partículas. La estadística de Poisson.
3) Detección de muones cósmicos con centelleadores plásticos empleando el método de coincidencias.
4) Medida de la vida media del muón empleando un centelleador plástico.

PRACTICAS DE ORDENADOR

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 HOSPITAL

Se realizará una visita al Hospital Universitario Doce de Octubre 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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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 complementan con la resolución de problemas que será 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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se seguirá una combinación entre las modalidades A y B del documento. Es previsible que se formen dos grupos. Las clases de problemas se repetirán para que ambos grupos reciban la clase presencial. Esto mismo se hará para la explicación de la práctica de simulación.

La mayor parte de las clases de teoría solo se impartirán de forma presencial a uno de los grupos, alternándose, quedando grabadas las clases (o emitiéndolas en "streaming") para que el grupo que no ha recibido la clase presencial pueda tener acceso a la explicación. Para alguna de las clases teóricas que puedan tener mayor dificultad se seguirá el procedimiento anterior, es decir, ambos grupos recibirán la clase de manera presencial.

La entrega de problemas (entregables) así como la de la práctica de simulación seguirán el mismo procedimiento, es decir, a través del CV.

Las prácticas se realizarán por parejas, pero sólo habrá un alumno por puesto en cada sesión. De forma que en la primera mitad de la sesión estará uno de los alumnos de la pareja en el puesto, y en la segunda mitad, el otro. Se podrá preparar material previamente grabado que se subirá al campus virtual, explicando el desarrollo de las prácticas

La visita al Hospital estará sujeta a las limitaciones de entrada. En el caso de que se tenga que suspender se proporcionará material audiovisual alternativo.

Docencia en línea (Escenario 2)
La interacción con los alumnos se realizará a través del CV. Las clases de teoría serán grabadas en vídeo y subidas al CV. Al igual que en las otras modalidades, las soluciones a los problemas (no entregables) estarán disponibles en el CV antes de la explicación. Un día a la semana, en el horario previsto (opción síncrona), se dedicará a la resolución de problemas y dudas de los vídeos de teoría usando Microsoft Teams (CV) o Google meet. Una de las sesiones síncronas se dedicará a la charla sobre Radiofísica Hospitalaria y otra/s a la explicación de la práctica de simulación. La entrega de problemas (entregables) así como la de la práctica de simulación seguirán el mismo procedimiento que en las otras opciones, es decir, a través del CV. Las prácticas se realizarán por parejas. Los alumnos podrán descargar a través del Campus Virtual datos similares a los que producen los montajes del laboratorio para su anáisis y procesado. Se podrá preparar material previamente grabado que se subirá al campus virtual, explicando el desarrollo de las prácticas. La visita al Hospital estará sujeta a las limitaciones de entrada. En el caso de que se tenga que suspender se proporcionará material audiovisual alternativo.

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 Prácticas de computación Entrega de problemas propuestos en clase		
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 julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Mecánica Teórica		Código	800539	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2
Horas presenciales	43	28.5	14.5

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	Juan José Sanz Cillero		Dpto.	FT
	Despacho	D 11 2ª pl, oeste	e-mail	jusanz02@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	3	X,V	15:30-17:00	Juan José Sanz Cillero	Todo el semestre	43	T/P	FT

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Juan José Sanz Cillero	V: 12:30-15:30 presencial X: 12:30-15:30 online	jusanz02@ucm.es	D 11 2ª Pl, oeste

Programa de la asignatura

1. Mecánica lagrangiana

1.1. Dinámica lagrangiana: Espacio de configuración, trayectorias y variaciones infinitesimales, principio variacional, ecuaciones de Euler-Lagrange, características de la acción, ligaduras.

1.2. Cantidades conservadas: Teorema de Noether, coordenadas cíclicas, teorema de Noether, variaciones temporales, energía, partícula en un potencial, invariancia bajo reparametrizaciones temporales, simetrías gauge.

1.3. Dinámica relativista: Acción: Partículas libres y partículas en un campo electromagnético, ecuaciones de movimiento, cantidades conservadas: Cuadrimomento, momento angular cuadridimensional, centro de inercia e invariantes de Casimir.

2. Mecánica hamiltoniana
2.1. Sistemas hamiltonianos: Transformación de Legendre, ecuaciones de Hamilton, espacio de fases, corchetes de Poisson.
2.2. Geometría simpléctica: Forma simpléctica, ecuaciones de Hamilton, flujos hamiltonianos, flujo de un campo vectorial, campos vectoriales hamiltonianos, teorema de Noether, variedades simplécticas, teorema de Darboux y reducción por simetría.
2.3. Transformaciones canónicas: Simplectomorfismos, transformaciones canonoides, función generatriz y tipos de transformaciones canónicas.
2.4. Invariantes: Teorema de Liouville, distribuciones estadísticas, invariante integral de Poincaré, espacio de fases extendido, invariante integral de Poincaré-Cartan y cantidades conservadas.

3. Integrabilidad
3.1. Teoría de Hamilton-Jacobi: ecuación de Hamilton-Jacobi, función principal de Hamilton, soluciones completas, separación de variables, hamiltonianos conservados, coordenadas cíclicas, variables separables, teorema de Huygens y analogía óptica,
3.2. Teoremas de integrabilidad: teorema de Liouville, teorema de Arnold, variables de acción-ángulo, movimiento condicionalmente periódico.

4. Temas de especialización:
4.1. Teoría clásica de campos
4.2. Perturbaciones
4.3. Caos
4.4. Dinámica de Fluidos

Bibliografía

Básica

- F. R. Gantmájer, *Mecánica Analítica*, URSS, 2003.
- H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, *Classical Mechanics*, *Third Edition*, Addison Wesley, 2002.
- J. V. José, E. J. Saletan, *Classical Dynamics*, Cambridge University Press, 1998.
- L. Meirovitch, *Methods of Analytical Dynamics*, Dover Publications, 2010.
- E. J. Saletan, A. H. Cromer, *Theoretical Mechanics*, Wiley, 1971.

Complementaria

- V. I. Arnold, *Mathematical Methods of Classical Mechanics*, *Second Edition*, Springer-Verlag, 1989.
- A. F. Fasano, S. Marmi, *Analytical Mechanics*, Oxford University Press, 2006.
- A. J. Lichtenberg, M. A. Lieberman, *Regular and Chaotic Dynamics*, *Second Edition*, Springer-Verlag, 1992.
- F. A. Scheck, *Mechanics: From Newton's Laws to Deterministic Chaos, Fourth Edition*, Springer, 2005.

Recursos en internet

Se podrán proporcionar archivos de la asignatura a través del campus virtual.

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Los alumnos preparan y expondrán en clase los temas del programa enumerados como temas de especialización.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se asume la modalidad semi-presencial A: * Clases semi-presenciales de teoría y problemas, donde se explicarán los conceptos fundamentales de la asignatura ilustrados con ejemplos y aplicaciones. Se retransmitirá vía internet en directo el audio y la proyección de la pizarra utilizada, sea esta de tipo convencional (tiza), trasparencias o virtual. * Se proporcionará a los estudiantes hojas de problemas con antelación a su resolución en clase a través del Campus Virtual. * Las tutorías se desarrollaran presencialmente si las condiciones lo permiten y guardando las debidas medidas sanitarias, o a distancia mediante correo electrónico, videos o herramientas síncronas (Microsoft Teams, Google Meet, etc.). En el caso de tutorías en linea se realizaran dentro de los horarios establecidos por los profesores para las mismas.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se asumirán las siguientes pautas de docencia no-presencial: * Clases teóricas y de problemas impartidas mediante vídeos colgados en el Campus Virtual o en streaming síncrono mediante el uso de herramientas en línea que se emitirán síncronamente en el horario de clase y quedarán a disposición de los alumnos en el campus virtual. * Se resolverán dudas por correo electrónico y a través de tutorías en línea en el horario correspondiente. * Se proporcionará material escrito, audiovisual y recursos en internet para complementar las clases.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	55%
Se realizará un examen final que computará un 55% la nota final.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	45%
En este apartado se podrán plantear los siguientes elementos de calificación (tanto presenciales como en modalidad online): 1. Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual: 2. Desarrollo de uno de los 9 primeros subtemas del programa principal (asociados a los temas 1, 2 y 3). 3. Desarrollo de uno de los temas del programa de especialización (tema 4). Este trabajo será expuesto en clase por el alumno. 4. Participación en foros y actividades del Campus Virtual. 5. Cuestionarios y controles parciales.		

Calificación final
La calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la siguiente fórmula: CF = máx(0.55 Examen + 0.45 Actividades , Examen) La calificación del apartado Otras actividades de evaluación de la convocatoria ordinaria, será mantenida para la correspondiente convocatoria extraordinaria.

Grado en Física (curso 2021-22)

Campos Cuánticos		Código	800540	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2
Horas presenciales	43	28.5	14.5

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 López Maroto		Dpto.	FT
	Despacho	14, 3ª pl. oeste	e-mail	maroto@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22							
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	T/P	Dpto.
A	8	L,V	09:00-10:30	Antonio López Maroto	43	T/P	FT
B	4A	M J	12:30-14:00	Ignazio Scimemi	28	T/P	
				Carlos Ariel Quezada Calonge	15	P	

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Antonio López Maroto	M, J: 11:00-12:30 + 3 horas online	maroto@fis.ucm.es	Despacho 14 3ª planta, oeste
B	Ignazio Scimemi	M, X, J: 11:00-12:00 + 3 horas online	ignazios@fis.ucm.es	23 2ª planta oeste
	Carlos Ariel Quezada Calonge	M, X: 9:00-13:00 presencial J: 15:00-16:00 online	cquezada@ucm.es	1, 3ª planta oeste

Programa de la asignatura

Tema 1: Repaso de teoría clásica de campos

Tema 2: Ecuación de Klein-Gordon y cuantización del campo escalar libre

Tema 3: Ecuación de Dirac y cuantización del campo fermiónico libre

Tema 4: Cuantización de campos electromagnéticos y de spin 1 libres

Tema 5: Procesos de interacción: matriz S, secciones eficaces, vidas medias. Ejemplos con interacciones efectivas

Tema 6: 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.

A. Di Giacomo, G. and P. Rossi, Selected Problems in Theoretical Physics, World Scientific, 1994.

V. Radovanovic, Problem Book in Quantum Field Theory, Springer, 2006.

D'Auria y M. Trigiante, From Special Relativity to Feynman Diagrams, Springer-Verlag, 2012

Recursos en internet

Se podrá utilizar material de otros institutos de prestigio como vídeos y/o notas (por ejemplo desde el MIT https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-323-relativistic-quantum-field-theory-i-spring-2008/lecture-notes/).

Se harán ejemplos prácticos utilizando códigos de cálculo como FeynCalc (https://feyncalc.github.io/)

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se deberá utilizar la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. En algunos temas se pondrá a disposición de los alumnos en el Campus Virtual vídeos grabados previamente o disponibles en la red. En este caso la docencia presencial se dedicará a resolución de problemas, clases prácticas, etc, para cada subgrupo. Las clases se grabarán y las grabaciones y presentaciones se pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.

Docencia en línea (Escenario 2)

Se proporcionará material a través del Campus Virtual con el contenido de los temas y problemas que se desarrollarán a lo largo del curso. Se realizarán sesiones online a través de las herramientas Microsoft Teams, Google Meet o similar, que se anunciarán con la suficiente antelación en el Campus Virtual cuyo objetivo es presentar temas de teoría, así como la resolución de problemas y dudas. Se podrán utilizar así mismo vídeos y otros recursos sobre el temario disponibles en la red.

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 2021-22)

Simetrías y Grupos en Física		Código	800542	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2
Horas presenciales	43	28.5	14.5

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
Teoria 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. Mecánica Cuántica.

Profesor/a coordinador/a	Mercedes Martín Benito			Dpto.	FT
	Despacho	13, 2ª pl. oeste	e-mail	m.martin.benito@ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	8	M J	10:30-12:00	Mercedes Martín Benito	43	FT

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Mercedes Martín Benito	Lunes de 14:30 a 16:30 Martes de 14:00 a 16:00 Jueves de 12:00 a 14:00	m.martin.benito@ucm.es	13, 2ª Planta Oeste

Programa de la asignatura

- Nociones generales de teoría de grupos: clases de conjugación, subgrupos normales, cosets, grupo cociente, homomorfismos entre grupos, producto de grupos.
- Representaciones de los grupos: acciones de grupo, representaciones lineales, equivalencia de representaciones, reducibilidad e irreducibilidad, unitariedad, lemas de Schur, relaciones de ortonormalidad y completitud, producto de representaciones y coeficientes de Clebsch-Gordan, teorema de Wigner-Eckart.
- Nociones básicas sobre grupos de Lie lineales y álgebras de Lie.
- Grupos SO(3) y SU(2): generadores infinitesimales, representaciones, medida invariante, producto directo, isospín, rotaciones de funciones de onda y de operadores.
- Grupos de Lorentz y de Poincaré ortocronos propios: álgebra de Lie, representaciones irreducibles del grupo de Lorentz, representaciones unitarias del grupo de Poincaré.

Bibliografía

Básica

- J.F. Cornwell, Group Theory in Physics : An Introduction, Elsevier, 1997.
- G. Costa, G. Fogli, *Symmetries and Group Theory in Particle Physics*, Springer-Verlag, 2012
- Wu-ki Tung, *Group Theory in Physics,* World Scientific, Singapore, 1985.
- Some chapters of M. Maggiore *A Modern Introduction to quantum field theory* Oxford University Press, 2005

Complementaria

- B.C. Hall, *Lie Groups, Lie Algebras, and Representations. An Elementary Introduction*, Springer-Verlag, 2003.
- D.H. Sattinger and O.L. Weaver, *Lie Groups and Algebras with Applications to Physics, Geometry and Mechanics,* Springer-Verlag, New York, 1986.
- S. Sternberg, *Group Theory and Physics,* Cambridge University Press, 1995.
- A.W. Joshi, *Elements of Group Theory for Physicists* (4th ed.), New Age International Publishers, New Delhi, 1997.
- F. Iachello, *Lie Algebras and applications*, Springer (2006)
- G. de Franceschi, L. Maiani*: An Introduction to Group Theory and to Unitary Symmetry Models* Fortschritte der Physik 13, 279-384 (1965)
- J. Fuchs, C. Schweigert, *Symmetries, Lie Algebras and Representations*, Cambridge University Press, 1997
- A. González López, *Simetrías y Grupos en Física. Notas de curso*, UCM, 2013.

Bibliografía adicional de acceso libre:

https://www.lpthe.jussieu.fr/~zuber/Cours/InvariancesGroupTheory-2014.pdf
http://www.th.physik.uni-bonn.de/nilles/people/luedeling/grouptheory/data/grouptheorynotes.pdf

Recursos en internet

Campus Virtual UCM

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se optará por la modalidad A de enseñanza habitual. Se emplearán en clase recursos tecnológicos que permitan la emisión en directo y grabación de la misma, bien sea con cámara, o mediante pizarra electrónica o tablet cuya imagen se pueda proyectar y a la vez emitir telemáticamente, o ambos recursos. De este modo los alumnos que no puedan estar presencialmente en el aula, podrán atender las clases a distancia, y aquellos que por causa justificada no puedan atender alguna clase en directo podrán solicitar el vídeo de la misma.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se pondrá material de apoyo a disposición del alumnado a través de Campus Virtual, como apuntes de clase y clases grabadas con antelación. Se impartirán sesiones online con los estudiantes. Para ello se utilizarán herramientas como Google Meet o Microsoft Teams.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Un examen final, que consistirá principalmente en la resolución de problemas de nivel similar a los resueltos en clase.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Resolución y entrega de problemas y ejercicios propuestos a lo largo del curso y/o trabajo fin de curso.		
Calificación final		
Si la nota E del examen final es mayor o igual que 4.0 la calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la siguiente fórmula: CF = max(E , 0.6 E + 0.4 A), siendo E y A respectivamente las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores, ambas en la escala 0–10. Si, por el contrario, E es inferior a 4.0 la calificación final será CF = E.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Astrofísica Extragaláctica		Código	800530	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	43	27	16

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	Patricia Sánchez Blázquez		Dpto.	FTA
	Despacho	10, Pl. Baja, Oeste	e-mail	psanchezblazquez@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	L J	10:30-12:00 12:00–13:30	Patricia Sánchez Blázquez	Todo el semestre	43	T/P	FTA
B	1	M,J	15:30-17:00	África Castillo Morales	Todo el semestre	33	T	
				Patricia Sánchez Blázquez	Todo el semestre	10	P	

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A y B	Patricia Sánchez Blázquez	L, X: 16.00h-17.30h + 3 horas on line	psanchezblazquez@ucm.es	despacho 10, planta baja oeste
B	África Castillo Morales	L, X: 10.00h-12.00h Resto on line	acasmor@fis.ucm.es	despacho 14, planta baja oeste

Programa de la asignatura

1. Introducción

Introducción al curso, temario y evaluación. Historia del estudio de galaxias. Conceptos básicos de Astrofísica observacional

2. Parámetros físicos básicos de las galaxias

Escala de distancias. Fotometría. Morfología. Dinámica. Propiedades de las galaxias según su tipo morfológico.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. Galaxias a alto redshift.

Dificultades. Galaxias con salto de Lyman. Galaxias emisoras de Lyman alpha. Galaxias submilimétricas. Galaxias con colores extremadamente rojos.

7. 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.

8. Estructura a gran escala.

Distribución espacial de la materia. Cúmulos y grupos de galaxias. El grupo local.

9. La Vía Láctea

Componentes. Morfología. Parámetros Físicos. Formación y evolución.

10. Formación y evolución de galaxias en un contexto cosmológico. Éxitos y fracasos. Retos del futuro.

Bibliografía

Básica:

1. *An Introductionto Galaxies and Cosmology*, M.H.Jones & J.A. Lambourne, The Open University-Cambridge, edición 2007 (primera en 2003).

2. *Extragalactic Astronomy & Cosmology, An Introduction*, P.Schneider, Springer, edición 2006.

3. *An Introduction to Modern Astrophysics*, B.W.Carroll & D.A.Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.

Complementaria:

4. *Galaxy Formation and Evolution*, H.Mo, F.vandenBosch, S.White, Cambridge, 2010.

5. *Galactic Astronomy*, J.Binney & M.Merrifield, Princeton,1998.

6. 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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
Clases magistrales. Los ficheros de las presentaciones estarán accesibles a los alumnos. Clase prácticas consistentes en ejercicios a resolver en clase.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Modalidad A: Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente (o según marque la Facultad) cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de las clases a distancia se utilizarán herramientas como Microsoft Teams (Moodle), Google Meet, etc., que permitan la participación de los estudiantes a distancia, junto con presentaciones de diapositivas, pizarra electrónica o pizarra tradicional retransmitida por cámara. Las clases y presentaciones se podrán grabar para su posterior incorporación al Campus Virtual.
Docencia en línea (Escenario 2)
Clases online síncronas. Si las condiciones de conectividad no lo permiten, se realizarían de forma asíncrona. Se proporcionarán videograbaciones y material de apoyo que estarán disponibles en el campus virtual para que los alumnos puedan consultarlos durante el curso. Además, se llevarán a cabo seminarios empleando herramientas como Microsoft Teams o Google Meet, donde avanzar en el temario de la asignatura, tratar las dudas de los alumnos y fomentar la interacción profesor-alumno. Todas las clases y sesiones se llevarán a cabo dentro del horario de clase de la asignatura y se grabarán para que estén a disposición de los alumnos en el campus virtual, siempre que así lo permitan las condiciones de conectividad y según los procedimientos arbitrados por la UCM.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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 para entregar a través del campus virtual y/o noticias de actualidad relacionadas con la asignatura que los alumnos podrán resumir oralmente al resto de la clase. Así mismo, se propondrán trabajos en grupo sobre temas relacionados con la asignatura a presentar oralmente o en forma de poster científico.		
Calificación final		
Sea N_Examen y N_OtrasActiv las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores en una escala de 0 a 10. La calificación final se obtendrá como el valor más alto entre N_Examen y N_Final, donde: N_Final= Máximo [(0.7 N_Examen+ 0.3 N_OtrasActiv); N_Examen] Para tener en cuenta la evaluación en Otras Actividades (N_OtrasActiv) es necesario que la nota del examen (N_Examen) sea igual ó superior a 4.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	27	10	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	Antonio López Maroto		**Dpto.**	FT
	Despacho	D 14, 3ª O	**e-mail**	maroto@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	**Aula**	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
A	**1**	L, X	12:00-13:30	Antonio López Maroto	29.5	FT
				Alfredo Delgado Miravet	7.5	
B	**1**	M,J	14:00-15:30	José Alberto Ruiz Cembranos	37.0	

Tutorías

Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Antonio López Maroto	M, J: 11:00-12:30 + 3 horas online	maroto@ucm.es	Despacho 14 3ª pl. Oeste
	Alfredo Delgado Miravet	M, X: 10:30-12:00 presencial	alfrdelg@ucm.es	Despacho 1 3ª planta, oeste
B	José Alberto Ruiz Cembranos	M, J: 15:30 – 17:00 (+3 no presenciales)	cembra@ucm.es	Despacho 17 3ª planta, oeste

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Aula de informática	4 de abril: 09:30-11:30 5, 7 de abril: 11:00-13:00	Alfredo Delgado Miravet	6	FT
L2		19, 21 de abril: 11:00-13:00 22 de abril: 9:00-11:00	Alfredo Delgado Miravet	6	
L3		26, 28 y 29 de abril: 11:00-13:00	Alfredo Delgado Miravet	6	
L4		4, 5, 7 de abril: 15:30-17:30	Mindaugas Karciauskas	6	
L5		19, 21 y 22 de abril: 15:30-17:30	Mindaugas Karciauskas	6	
L6		26, 28 y 29 de abril: 15:30-17:30	Mindaugas Karciauskas	6	
L7		3, 4 y 5 de mayo: 15:30-17:30	Mindaugas Karciauskas	6	

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
• 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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se deberá utilizar la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. El material de algunos de los temas podrá ser grabado previamente y puesto a disposición de los alumnos en el Campus Virtual. En este caso la docencia presencial se dedicará a resolución de problemas, clases prácticas, etc, para cada subgrupo. Las clases se grabarán y las grabaciones y presentaciones se pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se proporcionará material a través del Campus Virtual con el contenido de los temas y problemas que se desarrollarán a lo largo del curso. Se realizarán sesiones online a través de las herramientas Microsoft Teams o Google Meet o similar, que se anunciarán con la suficiente antelación en el Campus Virtual cuyo objetivo es presentar temas de teoría, así como la resolución de problemas y dudas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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.		
Calificación final		
La calificación final será la más alta de las siguientes dos opciones: • $N_{Final} = 0.7N_{Ex}+0.3N_{Otras}$, donde N_{Ex} y N_{Otras} son (en una escala 0 a 10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores • Nota del examen final En cualquier caso, será necesario aprobar el examen final para superar la asignatura La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	26	17

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	222-3ª Planta	e-mail	pacobr@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	1	X, V	10:30-12:00	Francisco Blanco Ramos	43	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Francisco Blanco Ramos	1er cuatrimestre: L, X: 12:00-13:30 2º cuatrimestre: X, V: 12:00-13:30	pacobr@fis.ucm.es	Dpcho 222 3ª planta Módulo Central

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 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,* Mc Graw 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.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Modalidad B: Las clases teóricas y de problemas se grabarán de forma asíncrona y estarán disponibles a través del Campus Virtual. Las sesiones presenciales se repetirán para los subgrupos, que rotarán semanalmente, y en ellas se llevará a cabo la discusión de los problemas y aclaración de dudas.
Docencia en línea (Escenario 2)
Las clases teóricas se grabarán de forma asíncrona y estarán disponibles a través del Campus Virtual. Se realizarán sesiones síncronas en Microsoft Teams o Google Meet en horario de clase para la discusión de los problemas y aclaración de dudas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
El examen constará de varias cuestiones teórico-prácticas y problemas de nivel similar a los resueltos en clase. Dicho examen constará de una parte de Plasmas y otra de Procesos, y en cada una de ellas debe obtenerse al menos una calificación de 3 (sobre 10) para aprobarlo. En caso de ser preciso acudir a la convocatoria extraordinaria de julio y haber aprobado una de las dos partes, se conservará su calificación.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
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.		
Calificación final		
Los cuatro ejercicios entregables tendrán un peso del 40% del total, y el examen final de un 60%. Dicha proporción será del 20% y 80% si ello fuese más ventajoso para el alumno. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Partículas Elementales		Código	800536	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	43	26	12	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). Recomendables: teoría cuántica de campos (segunda cuantización, mecánica cuántica relativista), estructura cuántica de la materia (física nuclear y de partículas), procesos elementales en electrodinámica.

Profesor/a coordinador/a	Juan José Sanz Cillero		Dpto.	FT
	Despacho	11, 2ª planta, oeste	e-mail	jusanz02@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	M, V	12:00-13:30	Juan José Sanz Cillero	Todo el semestre	38	T/P	FT
B	1	L, X	14:30-16:00	Juan José Sanz Cillero	Todo el semestre	38	T/P	

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A y B	Juan José Sanz Cillero	X: 12:30-14:30 presencial V: 11:00-12:00 presencial L: 12:00-13:00 online V: 13:30-15:30 online	jusanz02@ucm.es	11 2ª planta, oeste

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Aula 15 informática	17 y 18 de marzo, 10:30 a 13:00	Beatríz Seoane	5	FT
L2		17 y 18 de marzo, 15:30 a 18:00	Juan José Sanz Cillero	5	
L3		24 y 25 de marzo, 10:30 a 13:00	Beatriz Seoane	5	
L4		24 y 25 de marzo, 15:30 a 18:00	Juan José Sanz Cillero	5	
L5		31 marzo y 1 abril, 10:30 a 13:00	Beatriz Seoane	5	
L6		31 marzo y 1 abril, 15:30 a 18:00	Juan José Sanz Cillero	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**
   8.1. Experimento Karmen.
   8.2. Experimento MiniBooNE.
   8.3. Anomalías de reactores para flujos de neutrinos.
   8.4. Experimento LSND.
   8.5. Momento magnético anómalo del muón.
   8.6. Anomalía en las transiciones nucleares del Berilio 8.
   8.7. Desintegraciones anómalas de mesones B.

Bibliografía

Básica

- Quarks and Leptons: Introductory Course in Modern Particle Physics (F. Halzen, A.D. Martin, John Wiley & sons, 1984).

Complementaria

- Gauge Theories in Particle Physics: A Practical Introduction, (I. Aitchison y A. Hey, cuarta edición, CRC Press).
- 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).
- Dynamics of the Standard Model (J.F. Donoghue, E. Golowich & B.R. Holstein, Cambridge Univ. Press, 1992).

Recursos en internet
The Review of Particle Physics http://pdg.lbl.gov/ Se podrán proporcionar archivos de la asignatura a través del campus virtual.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Google Meet o similar, que permite la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. El material de algunos de los temas podrá ser grabado previamente y puesto a disposición de los alumnos en el Campus Virtual. En este caso la docencia presencial se dedicará a resolución de problemas, clases prácticas, etc, para cada subgrupo. Las clases se grabarán y las grabaciones y presentaciones se pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se proporcionará material a través del Campus Virtual con el contenido de los temas y cálculos que se desarrollarán hasta final de curso. Este material consistirá en una serie de archivos pdf con audios explicativos grabados previamente. Se realizarán sesiones online de tutoría para la resolución de dudas a través de la herramienta Google Meet o similar.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	55%
Se realizará un examen final que computará un 55% a la nota final.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	45%
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). 4. Se podrá realizar una prueba de control a mitad del cuatrimestre de tipo test o con preguntas breves.		
Calificación final		
La calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la siguiente fórmula: CF =máx(0.55 Examen + 0.45 Actividades , Examen) La calificación del apartado Otras actividades de evaluación de la convocatoria ordinaria, será mantenida para la correspondiente convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Física de la Materia Condensada		Código	800537	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	43	26	17

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	108, 2ª pl.	e-mail	f.sols@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	1	M, J	10:30-12:00	Fernando Sols Lucia	43	FM

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Fernando Sols Lucia	L, X, V: 11:00-13:00	f.sols@fis.ucm.es	Despacho 108 2ª planta

Programa de la asignatura

1. Electrones con interacciones. Aproximación de Hartree-Fock. Apantallamiento. Líquidos de Fermi. Excitaciones elementales (polaritones, polarones y excitones). Funcional de la densidad. Fonones en metales.

2. Teoría cuántica de muchos cuerpos. Segunda cuantización. Funciones de Green. Teorema de Wick. Diagramas de Feynman. Ecuación de Dyson. Cuantización del fonón. Interacción electrón-fonón.

3. Teoría cuántica del transporte electrónico. Transporte semiclásico. Longitudes características. Efecto Aharonov-Bohm. Conductancia como transmisión. Efecto Hall cuántico.

4. Superconductividad y superfluidez. Efectos cuánticos macroscópicos. Teorías microscópicas (BCS y Bogoliubov). Superfluidez.

5. Magnetismo. Transición metal-aislante. El modelo de Hubbard. Teorías de canje indirecto. Susceptibilidad generalizada. Efecto Kondo. Magnones ferro- y antiferromagnéticos (Bogoliubov).

Bibliografía

Principal:

- S. M. Girvin and K. Yang, *Modern Condensed Matter Physics* (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 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).

Recursos en internet

Los problemas propuestos y parte del contenido teórico se subirán al campus virtual. Los entregables voluntarios se subirán escaneados al campus virtual.

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

Clases teóricas generales y ejemplos y ejercicios prácticos.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

El grupo se dividirá en dos subgrupos que irán alternando la presencia física. La clases impartidas se emitirán en streaming para que puedan ser seguidas de manera síncrona por la mitad que no está presente (modalidad A). Las clases serán grabadas durante su impartición y subidas al Campus Virtual para que también puedan ser seguidas de manera asíncrona.

Las clases de teoría consistirán en el comentario de material previamente preparado que posteriormente será subido al Campus Virtual. Ese material será complementado, y a veces sustituido, por notas que el profesor escribe en formato electrónico como si se tratara de una pizarra tradicional pero con la ventaja de que se transmite y se graba con más facilidad.

Docencia en línea (Escenario 2)
Las clases o materiales relevantes se prepararán para el seguimiento online en términos parecidos a los del escenario 1, con la única diferencia de que no habrá público presencial y las clases se grabarán desde el domicilio o el despacho del profesor. En particular, las clases serán grabadas y subidas al Campus Virtual y el material previamente confeccionado también se subirá al CV.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Se realizará un examen final que se calificará con nota de 0 a 10.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Se propondrá una serie de actividades que serán evaluadas entre 1 y 10. La calificación será la media de todas las actividades. Esta calificación se guardará hasta el examen final extraordinario de junio-julio.		
Calificación final		
Para docencia presencial o semi-presencial la calificación final CF vendrá dada por la fórmula: CF = máx{0.30*A + 0.70*E, E} siendo E la nota final del examen y A la nota final de otras actividades. En el escenario 2 (docencia no presencial): Tanto la evaluación como los pesos relativos de evaluación contínua y examen final se adaptarán a la metodología online seguida y a las necesidades derivadas de las circunstancias sanitarias. El profesor informará según proceda, por ejemplo, a través del CV.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos		Código	800541	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	43	28.5	0.5	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 mediante el grupo de renormalización.

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 I y Estructura de la Materia.

Profesor/a coordinador/a	Víctor Martín Mayor		Dpto.	FT
	Despacho	D4, pl. 3ª, Oeste	e-mail	vicmarti@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	M,J	9:00-10:30	Ricardo Brito López	Martes (a partir del 15 de febrero) y Jueves (desde el 17 de Marzo)	22	T	EMFTEL
				Víctor Martín Mayor	Martes y Jueves, desde el 25 de Enero al 8 de Febrero	7	T	FT

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Ricardo Brito López	1er cuatrimestre: X y V: 12:00-13:30 2º cuatrimestre: X y J: 12:00-13:30	brito@fis.ucm.es	Despacho: 114.0. 1ª Planta Este
	Víctor Martín Mayor	X: 17:00-18:00, J: 14:30-15:30, V: 15:00-16:00 + 3 horas online	vicmarti@ucm.es	Despacho 4. 3ª Planta Oeste

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
A1	Aula Computacional	J, V: 9:00-10:30 Desde el 10 de Febrero hasta completar las horas	Víctor Martín Mayor	11	FT
A2	Aula Computacional	Lunes (de 15:00 a 17:00) y Martes (de 14:30 a 16:30) Desde el 7 de Febrero hasta completar las horas.	Víctor Martín Mayor	11	
A3	Aula Computacional	Miércoles (de 14:30 a 16:30) y Víernes (de 15:00 a 17:00) Desde el 9 de Febrero hasta completar las horas.	Luis Antonio Fernández Pérez	11	
A4	Aula Computacional	Jueves (de 15:30 a 18:30) Desde el 10 de Febrero hasta completar las horas.	Luis Antonio Fernández Pérez	11	
LT1	Lab. de Termodinámica	Horarios a precisar en función de la asignatura Laboratorio de Física II	Ricardo Brito López	3	EMFTEL
LT2	Lab. de Termodinámica	Horarios a precisar en función de la asignatura Laboratorio de Física II	Ricardo Brito López	3	
LT3	Lab. de Termodinámica	Horarios a precisar en función de la asignatura Laboratorio de Física II	Ricardo Brito López	3	

Programa de la asignatura

Teoría:

1. Introducción a las Transiciones de Fase. Parámetro de orden, simetrías y clasificación. Ejemplos: Mezclas, superconductividad, cristales líquidos, polímeros, etc.
2. Sistemas clásicos con interacción. Ferromagnetismo. Modelo de Ising. Transición líquido-vapor. Modelo de van der Waals.
3. Teoría de Campo Medio. Modelo de Weiss. Exponentes críticos. Transición líquido-vapor en Campo Medio.
4. Teoría de Landau. Estados metaestables. Exponentes críticos. Modelos espacialmente extendidos. Teoría de Ginzburg-Landau.
5. Leyes de escala e hipótesis de Kadanoff. Escalado de tamaño finito. 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.

Fechas: (a distribuir entre dos grupos de laboratorio).

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 University Press (1996).
- J. M. Yeomans, Statistical Mechanics of Phase Transitions. Oxford Science Publications (1993).

Bibliografía complementaria: Publications

- D.J. Amit, V. Martín Mayor. Fields Theory, the Renormalization Group and Critical Phenomena. 3rd edition, World Scientific, Singapore, (2005).
- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Solid State Physics, Saunders (1976).
- J. P. Hansen, I. R. McDonald, Theory of Simple Liquids, Academic (1986).
- J. Cardy. Scaling and Renormalization in Statistical Physics. Cambridge University Press, (1996).

Recursos en internet

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

En la parte teórica de la asignatura, se plantean dos modalidades docentes:

En los primeros días del curso el profesor imparte las clases presenciales de forma ordinaria. Serán los días que correspondan a introducción, planteamiento general y caracterización de las transiciones de fase. Posteriormente, se pasará a la llamada "clase invertida", en la que el profesor, previamente a la clase presencial, pondrá a disposición de los estudiantes en el campus virtual el material necesario (preferiblemente videos) para entender la teoría. Posteriormente, el profesor dedica las clases presenciales a resolución de problemas, casos prácticos, etc. .

Tanto en la Práctica Computacional como en el Laboratorio de Termodinámica se han desdoblados grupos para atender al incremento de matrícula ordinaria.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Modalidad A. El profesor impartirá la clase de pizarra tradicional con retransmisión con cámara o con tablet/pizarra electrónica y utilizará la herramienta Microsoft Teams o Google Meet para el seguimiento de las clases a distancia.

En lo que se refiere a la práctica numérica sobre el modelo de Ising, en el caso de que las aulas de informática proporcionadas por la Facultad no permitieran realizar la práctica completa, se realizarán tres sesiones presenciales para permitir a los estudiantes que se familaricen con las herramientas de simulación y análisis de datos que se emplearán. El resto de la práctica deberá llevarse a cabo con los recursos computacionales propios de los que cada estudiante puede disponer.

Docencia en línea (Escenario 2)

En este escenario, se seguirá la técnica de la "clase invertida", reemplazándose las clases presenciales por videoconferencias, vía "Microsoft Teams" o "google meet". En el laboratorio de Termodinámica, se proporcionarán los datos a los estudiantes y ellos elaborarán los resultados.

En lo que se refiere a la práctica numérica sobre el modelo de Ising, se adoptaría la modalidad B: el profesor grabará vídeos de demostración sobre las herramientas de simulación y análisis de datos que se emplearán. El resto de la práctica deberá llevarse a cabo con los recursos computacionales propios de los que cada estudiante pueda disponer.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50%
Se realizará un examen final, que versará sobre los dos trabajos presentados y cuyo objetivo es demostrar la adecuada comprensión de los mismos.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%
Presentación de un trabajo escrito sobre fases de la materia y su comportamiento crítico. 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.		
Calificación final		
Para que el alumno sea calificado, son requisitos indispensables la presentación de ambos trabajos y la realización del examen. La nota final se obtendrá como la semisuma de las calificaciones del examen y de los trabajos: $CF=(A+E)/2$ La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Coherencia Óptica y Láser		Código	800543	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Física Teórica	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4	2	
Horas presenciales	43	28.5	8.5	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-D1	e-mail	weigand@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	L,X	9:00-10:30	Rosa Weigand	24 enero - 7 marzo	18,5	T/P	OPT
				Alfredo Luis Aina	9 de marzo y 16 marzo - 9 mayo	18.5	T/P	OPT

T:teoría, P:prácticas

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Alfredo Luis Aina	L 13:30-16:30h presenciales. No presenciales bajo demanda.	alluis@fis.ucm.es	Despacho 220.0 Primera planta
	Rosa Weigand Talavera	X 15:00-18:00 presenciales J,V 15:00-16:30 no presenciales	weigand@fis.ucm.es	Despacho 01-D1

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Lab. 2ª Pl.	Lunes 14 de febrero de 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. 2ª Pl.	Lunes 21 de febrero de 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. Holo	Lunes 25 de abril de 16:00-19:00 h	Óscar Martínez	3	OPT
L-2	Lab. 2ª Pl.	Miércoles 23 de febrero de 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. 2ª Pl.	Miércoles 2 de marzo 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. Holo	Martes 26 de abril de 16:00-19:00 h	Óscar Martínez	3	OPT
L3	Lab. 2ª Pl.	Martes 22 de febrero de 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. 2ª Pl.	Martes 1 de marzo de 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. Holo	Miércoles 27 de abril de 16:00-19:00 h	Óscar Martínez	3	OPT
L4	Lab. 2ª Pl.	Jueves 24 de febrero de 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. 2ª Pl.	Jueves 3 de marzo de 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. Holo	Jueves 28 de abril de 16:00-19:00 h	Óscar Martínez	3	OPT
L5	Lab. 2ª Pl.	Lunes 28 de febrero de 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. 2ª Pl.	Lunes 7 de marzo de 15:00 a 16.30	Rosa Weigand	1.5	OPT
	Lab. Holo	Viernes 29 de abril de 16:00-19:00 h	Óscar Martínez	3	OPT
L6	Lab. Holo	Martes 3 de mayo de 16:00-19:00 h	Óscar Martínez	3	OPT
L7	Lab. Holo	Miércoles 4 de mayo de 16:00-19:00 h	Óscar Martínez	3	OPT

Programa de la asignatura

• Emisión en la materia.
• Ecuaciones de balance.
• Amplificación de radiación: inversión de población, ganancia, umbral.
• Resonadores ópticos.
• Amplificadores láser.
• Dinámicas temporales.
• Tipos de láseres.
• La luz como proceso aleatorio. Coherencia como recurso clásico y cuántico.
• Coherencia clásica: función de coherencia mutua, descomposición modal, teoremas de Wiener-Khintchine y van Cittert-Zernike.
• Óptica cuántica, operadores y estados.
• Coherencia cuántica y luz no clásica. Cuestiones de orden. Distribuciones de amplitud compleja: Husimi, Glauber-Sudarshan y Wigner. Teoremas de equivalencia.

Bibliografía

Básica

- 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).
- M. O. Scully y M. Suhail Zubairy, Quantum Optics. Cambridge University Press (1999).
- E. Wolf, Introduction to the theory of coherence and polarization of light. Cambridge University Press (2007).

Recursos en internet

Campus virtual

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
- Las clases de teoría se impartirán presencialmente para la mitad de los matriculados y serán retransmitidas en el momento para que la puedan seguir los no asistentes. En la parte de Coherencia serán además grabadas. Una semana asisten la mitad de los matriculados y la otra semana los otros matriculados. Igual organización para las clases de problemas. - En las clases de laboratorio solo habrá un alumno relizando la práctica cada día, pero se rotarán en la ejecución. El alumno que esté presente en el laboratorio podrá estar en línea con los otros miembros de su grupo para que sigan la ejecución de ese día. La sesión práctica de holografía se dividirá en dos tareas y en dos subgrupos. Una tarea la realizará un subgrupo en el puesto de laboratorio y la otra tarea el otro subgrupo en otro lugar a determinar. Los subgrupos se turnarán durante la sesión práctica.
Docencia en línea (Escenario 2)
- Las clases de teoría y de problemas se impartirán utilizando las herramientas de conexión usuales del Campus Virtual. - Para las prácticas que deben ser realizados en el laboratorio se suministrarán videos cortos explicando la ejecución correcta de la práctica y datos simulando las medidas para que sean procesados.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen tendrá una parte de cuestiones prácticas (problemas) de nivel similar a los resueltos en clase y se podrá consultar un formulario confeccionado por el propio alumno. El examen final de la asignatura en la convocatoria de junio constará de dos partes. El examen de la primera parte (Láser) se realizará el 14 de marzo de 2022, de 9:00 a 10:30 horas, y el de la segunda parte (Coherencia Óptica) en la fecha indicada en el calendario de exámenes y durará asimismo 1.5 horas. El examen de la convocatoria de julio será conjunto.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
En este apartado se podrán valorar algunas de las siguientes actividades: - Entrega de problemas, ejercicios, tests y trabajos, individuales o en grupo, que podrán realizarse o ser resueltos durante las clases. - Prácticas de laboratorio.		
Calificación final		
Para aprobar la asignatura se deberá aprobar la primera parte (Láser) y la segunda parte (Coherencia). Cada parte se considerará aprobada si se obtiene una nota en el examen mayor o igual que 5 sobre 10. Si el alumno ha realizado evaluación continua se le tendrá en cuenta si ha obtenido en el examen de esa parte una nota mayor o igual que 4.5 sobre 10. La calificación total de cada parte C será la máxima entre: - La nota del examen final, Ex (en una escala de 0 a 10). - La obtenida con otras actividades de evaluación A (en escala de 0 a 10) y la nota del laboratorio L: C = 0.70 Ex + 0.20 A+ 0.10 L La calificación final F de la asignatura se calculará como la media entre las dos calificaciones totales. Por tanto para superar la asignatura será necesario obtener una puntuación F mayor o igual a 5. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación. Además el alumno podrá conservar las notas de laboratorio, las de otras actividades y la de la parte aprobada, si la hubiera, y no tendrá que presentarse a esa parte de la asignatura.		

8. Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Aplicada)

Grado en Física (curso 2021-22)

Fotónica		**Código**	800526	**Curso**	4º	**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	43	30	10	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	Óscar Martínez Matos			**Dpto.**	Óptica
	Despacho	O1-D20	**e-mail**	omartine@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5	L, X	10:30-12:00	Isabel Gonzalo Fonrodona	40	OPT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)					
C	7	L V	15:30-17:00 14:00-15:30	Óscar Martínez Matos	40	OPT

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Isabel Gonzalo Fonrodona	L, X: 12:00-13:30. Presencial o no presencial. Y en cualquier momento previo aviso por email.	igonzalo@fis.ucm.es	Dpto. Óptica. Dpcho. C1-.221.0
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)			
C	Óscar Martínez Matos	L 17:00-20:00, V 15:30-18:30 Presencial o no presencial.	omartine@fis.ucm.es	Despacho 01-D20 1ª Pl

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
L1	Láb. 2ª pl.	14/12/2021; 10:00-13:00 h	Laura Martínez Maestro	3	OPT
L2	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**				
L3	Láb. 2ª pl.	13/12/2021; 10:30-13:30 h	Laura Martínez Maestro	3	OPT
L4	Láb. 2ª pl.	15/12/2021; 10:30-13:30 h	Laura Martínez Maestro	3	OPT
L5	Láb. 2ª pl.	16/12/2021; 10:00-13:00 h	Laura Martínez Maestro	3	OPT
L6	Láb. 2ª pl.	10/12/2021; 14:00-17:00 h	Óscar Martínez Matos	3	OPT
L7	Láb. 2ª pl.	13/12/2021; 15:30-18:30 h	Óscar Martínez Matos	3	OPT
L8	Láb. 2ª pl.	15/12/2021; 14:00-17:00 h	Óscar Martínez Matos	3	OPT
L9	Láb. 2ª pl.	15/12/2021; 17:30-20:30 h	Óscar Martínez Matos	3	OPT

Programa de la asignatura

- Introducción.
- Propagación e interacción de la luz en medios materiales:
  - Parámetros medibles.
  - Dispersion temporal. Relaciones de Kramers-Krönig.
  - Medios anisótropos. Birrefringencia y dicroísmo. Aplicaciones (láminas desfasadoras y polarizadores).
  - Medios ópticamente activos.
  - Anisotropías inducidas: Efecto Faraday, Moduladores Espaciales de luz, etc.
  - Efectos de óptica no lineal: Efecto Kerr óptico.
- Guías de onda y fibras ópticas: Modos, velocidad de propagación, dispersión, atenuación.
- Emisores y propiedades de la radiación:
  - Emisión espontánea y estimulada.
  - Perfil de línea espectral.
  - Tipos de fuentes de luz.
  - Estadística de fotones en tipos de radiación láser, térmica, cuántica.
  - El láser: Ecuaciones de balance, ganancia, umbral, resonadores, tipos de láseres.
- 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 (apuntes, presentaciones, vídeos, 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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones. • Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas. • Seminarios sobre temas actuales. • Prácticas de laboratorio. • Se propondrán trabajos especializados sobre temas concretos para realizar en grupo o individualmente. • Se suministrarán exámenes de convocatorias previas. • Se suministrarán series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en la clase. Asimismo se promoverá la entrega de problemas resueltos. • Se suministrará una bibliografía disponible en la Biblioteca de la Facultad. • Se utilizará el Campus Virtual.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)
CLASES TEÓRICO-PRÁCTICAS EN EL AULA Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. La clase se impartirá según la Modalidad A. La clase podrá seguirse a distancia en tiempo real por medio de los recursos de Internet disponibles. Aparte, se subirá material adicional al Campus Virtual como apuntes, diapositivas, ejercicios, etc. Asimismo, podrían grabarse las clases para que queden disponibles en el campus Virtual. TUTORÍAS: Se podrán realizar de forma presencial, a través de videoconferencia o del Campus Virtual de la asignatura, por correo electrónico o mediante cualquier otro procedimiento apropiado, previa comunicación al profesor o profesora. CLASES PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO Todos los alumnos podrán hacer dos prácticas presencialmente y de forma individual.

Docencia en línea (Escenario 2)
CLASES TEÓRICO-PRÁCTICAS Se pondrá en el Campus Virtual material de apoyo para facilitar el seguimiento a distancia de la docencia. Las clases se impartirán en el horario oficial por medio de los recursos de internet apropiados de forma que todos los alumnos puedan seguir las explicaciones telemáticamente y hacer preguntas. La clase podrá ser síncrona o se subirán explicaciones grabadas con antelación. En el segundo caso el tiempo de clase se dedicará a aclarar conceptos y resolver dudas y ejercicios. Asimismo, podrían graarse las clases para que queden disponibles en el campus Virtual. CLASES PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO

Las dos prácticas se harían en casa utilizando vídeos demostrativos de las mismas, así como datos suministrados por los profesores y explicaciones adicionales si fuera necesario.

TUTORÍAS:

Se podrán realizar mediante videoconferencia, a través del Campus Virtual de la asignatura, por correo electrónico o mediante cualquier otro procedimiento apropiado, previa comunicación al profesor o profesora.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Se realizará un examen final obligatorio.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Se valorarán las siguientes actividades: -Entrega de problemas propuestos. -Posibles ejercicios de corta duración realizados en horario de clase y que serán online si la presencialidad no es posible. -Prácticas de laboratorio. Se realizarán dos prácticas de laboratorio al final del cuatrimestre de manera individual como ya se ha indicado. -Otras actividades.		
Calificación final		
A= Nota del examen final en una escala de 0-10 B= Nota de otras actividades de evaluación en una escala de 0-10 La calificación final C será la máxima entre la nota de la evaluación continua, C=0,7 A+0,3 B, y la nota del examen final, C=A. Solo se podrán aplicar los porcentajes de le evaluación continua cuando la nota A sea igual o superior a 4,5. Para superar la asignatura será necesario obtener una calificación final mayor o igual a C=5. La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Electrónica Física		Código	800527	Curso	4º	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	43	30	13

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	109.0	e-mail	imartil@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5	M, J	10.30-12.00	Ignacio Mártil de la Plaza	43	EMFTEL
B	7	M, J	15:30-17:00	David Pastor Pastor	43	EMFTEL

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Ignacio Mártil de la Plaza	J y V: 10:00-13:00	imartil@fis.ucm.es	Dpcho. 109.0 3ª Pl. Este
B	David Pastor Pastor	L: 12:00-13:00 X: 10:00-11:00	dpastor@fis.ucm.es	207. 3ª Planta Módulo Central

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se dividirá el grupo en subgrupos y la docencia se realizará de la siguiente forma: Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con la presentación mediante diapositivas del material correspondiente, así como clases de pizarra tradicional retransmitida con cámara. Las clases quedarán grabadas y las grabaciones y presentaciones se pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.
Docencia en línea (Escenario 2)
Si se debe recurrir a enseñanza completamente On Line, se subirán al campus virtual de la asignatura las clases grabadas en formato Power Point con audios, así como cualquier material adicional que facilite la comprensión de la materia. Cada dos semanas, se realizará una sesión síncrona, para tratar temas comunes y resolver dudas.

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 2021-22)

Sistemas Dinámicos y Realimentación		Código	800545	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	43	25	8	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.	ACyA
	Despacho	222	e-mail	juan.jimenez@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	horas	T/P*	Dpto.
A	7	L X	14:00-15:30 15:30-17:00	Juan Jiménez Castellanos	6.09.2021-25.10.2021	18	T/P 12/6	ACyA
				Héctor García de la Marina Peinado	25.10.2021-15.102021	15	T/P 13/2	ACyA

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Juan Jiménez Castellanos	X, V: 9.30 a 12.30	juan.jimenez@fis.ucm.es	222
	Héctor García de la Marina	L, X: 10:30 a 13:30	hgarciad@ucm.es	225

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
A1	Laboratorio 108	Sesión 1: 04.10.2021 Sesión 2: 11.10.2021 Sesión 3: 18.10.2021 Sesión 4: 08.11.2021 Sesión 5: 22.11.2021 Sesión 6: 29.11.2021 Sesión 7: 13.12.2021	Juan Jiménez Castellanos (Prácticas 1, 2, 3 y 6)	5	ACyA
			Héctor García de la Marina (Prácticas 4, 5 y 6)	5	ACyA

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 cíclos 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 ititon (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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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. Numero 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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Teoría: Solo en el caso de que el número de alumnos matriculados y el tamaño del aula disponible hicieren inviable la asistencia simultánea a clase del grupo completo, se procederá a dividir el grupo en dos. Se impartirán entonces las clases, asistiendo presencialmente cada medio grupo en semanas alternas. Aquellos alumnos a los que no corresponda clase presencial, y que así lo deseen, podrán seguir el devenir de ésta a través de Internet (los detalles del modo de conexión etc., se indicarán en su caso a través del campus virtual.) Como viene siendo ya tradicional en esta asignatura, todo el material --apuntes, presentaciones, ejemplos de código etc.-- estará disponible en el campus desde el mismo comienzo del curso, sin perjuicio de que durante su desarrollo pudiere suministrarse material suplementario. Práctica De modo análogo al caso de la teoría si, habida cuenta del número de alumnos, resultare imposible concurrir todos en el laboratorio, se dividirá cada práctica en dos partes. La primera parte --de preparación-- habrá el alumno de completarla por cuenta propia antes de acudir al laboratorio. La segunda se realizará en los puestos del laboratorio, sin perjuicio de que quien así lo demande pueda emplear su propio ordenador para llevarla a término. Adicionalmente, se reestructurarán las prácticas de tal suerte que se reduzca su número a la mitad sin pérdida sensible de contenido. Los alumnos acudirán alternadamente a las sesiones previstas de prácticas en el laboratorio de acuerdo con la misma división en subgrupos practicada para la teoría. CAVEAT: En este caso podría resultar necesario modificar ligeramente el actual calendario de prácticas para acompasarlas mejor con la alternancia de grupos.

Docencia en línea (Escenario 2)
Teoría: Si dada la situación resultare imposible siquiera a la mitad de los alumnos acudir a clase, las sesiones de teoría se impartirán igualmente, en su horario habitual, a través de Internet (los detalles del modo de conexión etc, se indicarán en su caso a través del campus virtual.) Como ya se indicó en la metodología propia del escenario anterior, todo el material: Apuntes, presentaciones, ejemplos de código etc. estará disponible en el campus desde el mismo comienzo del curso, sin perjuicio de que durante su desarrollo pudiera suministrarse material suplementario. Práctica: En caso de que el acceso a los laboratorios se viere finalmente impedido por el devenir de los acontecimientos, aquellas prácticas que exigen el empleo de dispositivos distintos a un ordenador personal serán adaptadas para que puedan realizarse mediante simulación. De esta guisa, podrán todas las prácticas ser llevadas a cabo por cuenta del alumno mediante el empleo de Matlab. (En la mayoría de los casos también mediante Python). Se establecerá entonces, en los días y durante las horas correspondientes a laboratorios, sesiones de tutorías colectivas a través del Campus Virtual, para coadyuvar al buen desarrollo 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 2021-22)

Fenómenos de Transporte		Código	800547	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	43	25	6	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.

Profesor/a coordinador/a:	Francisco J. Cao García		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	214	e-mail	francao@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	Aula 15	X V	9:00-10:30 10:30-12:00	Francisco J. Cao García	Todo el curso	31	T/P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Aula informática 15	A determinar	Francisco J. Cao	12	EMFTEL

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Francisco J. Cao García	M y J: 11:00-12:30 Contactar por correo electrónico	francao@fis.ucm.es	3ª planta central - Pasillo Norte (sin número de local)

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.
   - Procesos irreversibles. Leyes fenomenológicas (Newton, Fick, Fourier, Ohm) y coeficiente de transporte (coeficiente de viscosidad, difusión, conductividad térmica y eléctrica).
   - Aplicaciones biológicas: Transporte activo y pasivo. Potencial de membrana. Transmisión del impulso nervioso. Motores moleculares.
2. Transporte en fluidos:
   - Caracterización del transporte en fluidos: fluidos newtonianos y no newtonianos
   - Volumen y superficie de control. Aplicación de las ecuaciones generales de transporte a los fluidos
   - Transporte conductivo y convectivo: convección natural y forzada
   - Parametrización del transporte en fluidos: números característicos (Reynolds, Rayleigh, Froude, Weber, Euler, Cauchy)
   - Ecuación de Navier-Stokes: condición de capa límite
   - Aplicaciones a casos prácticos: manto terrestre, procesos atmosféricos, otros
3. Transporte en gases:
   - Gas ideal. Distribución de Maxwell-Boltzmann. Recorrido libre medio. Coeficientes de transporte
   - Teoría cinética. Ecuación de Liouville. Ecuación de Boltzmann.
4. Transporte en fases condensadas:
   - Movimiento browniano. Ecuación de Langevin. Funciones de correlación y coeficientes de transporte. Subdifusión y superdifusión.
5. Transporte a través de membranas:
   - Transporte de gases a través de membranas: descripción fenomenológica y microscópica.
   - Ósmosis. Ósmosis inversa. Aplicaciones tecnológicas (desalinización, diálisis, ...), y biológicas (transporte pasivo; medio hipertónico, isotónico e hipotónico).
6. Transporte de carga
   - Procesos de transporte en conductores de 1ª especie: ecuación de Boltzmann
   - Interfase electrizada: transporte a través de la interfase. Potencial de interfase
   - Fenómenos de difusión: Ley de Fick del transporte de carga
   - Procesos de transporte en conductores de 2ª especie: ecuación de Butler-Volmer
   - Aplicación de las ecuaciones de transporte de carga a sistemas físicos: unión p-n, contacto metal-semiconductor, emisión de electrones, otras aplicaciones

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

- Práctica 1: Movimiento browniano en 2D con y sin campo gravitatorio (4,5 horas)
- Práctica 2: Análisis de trayectorias (3 horas)
- Práctica 3: Ecuación del calor (4,5 horas)

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)
- J.O'M. Bockris, y A.K.N. Reddy, Electroquímica moderna, Reverté (2003)
- Química Física. Bertran Rusca, J. y Núñez Delgado J. Vol. I y II. Ed. Ariel. Barcelona 2002

Complementaria

- J. W. Kane, M. M. Sternheim, Física, Reverté (2000)
- M. Ortuño, Física, Grijalbo (1996)
- P. Nelson, Biological Physics, W. H. Freeman (2008)
- Fundamentos de Electródica. Cinética electroquímica y sus aplicaciones. José M. Costa. Ed. Alhambra Universidad. 1981
- Introduction to transport phenomena. Thomson, William J. Ed. Prentice Hall. 1999
- Transport phenomena: fundamentals. Plawsky, Joel L. Ed. CRC Press. 2nd ed. 2009
- Transport phenomena. Beek, W.J. Ed. John Wiley and Sons. 2nd ed. 1999
- Interdisciplinary transport phenomena. Sadhal, S.S. New York Academy of Sciences. 2009
- Transport phenomena in membranes. Lakshminarayanaiah, N. Ed. Academic Press. 1969
- Multiphase transport and particulate phenomena. Nejat, T. Ed. Taylor and Francis, 1989
- Advanced transport phenomena. Slattery, John C. Ed. Cambridge University Press, 1999

Recursos en Internet

En el campus virtual se incluirán los ejercicios de la asignatura, así como toda la información adicional relevante: lecturas recomendadas, enlaces a sitios de interés, ...

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos, aplicaciones y ejercicios (2 horas semanales en media)
- Prácticas de laboratorio (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..

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se prevee optar por la modalidad B. El profesor pondrá a disposición de los estudiantes en el campus virtual el material necesario para entender la teoría que incluirá material escrito y explicaciones grabadas, y dedicará las clases presenciales a resolución de problemas, casos prácticos, dudas, etc, repitiendo estas actividades presenciales para cada subgrupo. Las horas de laboratorio de informática permanecerían presenciales siempre que sea posible. Para la presentación final el alumno graba un vídeo (adicionalmente al envío de su presentación en pdf).

Docencia en línea (Escenario 2)

Toda la docencia en línea. El laboratorio de informática es adaptado también a la enseñanza online. Para la presentación final el alumno graba un vídeo (adicionalmente al envío de la presentación en pdf).

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
El examen final consistirá en la presentación oral en clase de un proyecto realizado por el alumno (en caso de no superarlo adecuadamente realizará un examen escrito)		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
En este apartado se valorarán las siguientes actividades: • Prácticas de laboratorio obligatorias, de las que el alumno presentará una memoria que se calificará. • Ejercicios voluntarios corregidos en clase		
Calificación final		
Es necesario haber realizado las prácticas de laboratorio, y tener una calificación mínima de 4 sobre 10 tanto en el examen final como en las prácticas de laboratorio. El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula: $C_f = \max(N_1, N_2)$ donde C_f es la calificación final, y N_1, N_2 son $N_1 = 0.7*E_f + 0.3*P$ $N_2 = 0.6*E_f + 0.3*P + 0.1*E_v$ siendo E_f la calificación del examen final, P la calificación de las prácticas de laboratorio, y E_v la calificación de la corrección en clase de los ejercicios voluntarios.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Electrónica Analógica y Digital		Código	800548	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	**Materia**	Electrónica y Procesos Físicos	**Tipo**	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	43	25	12	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	207.0 3ª planta	**e-mail**	oleaariza@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	T/P	horas	Dpto.
A	5 7	L X	12:00-13:30 14:00-15:30	Javier Olea Ariza	T/P	37	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Lab. Electrónica (109, Sótano)	25/10/21 22/11/21 29/11/21 13/12/21	Javier Olea Ariza	6	EMFTEL

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Javier Olea Ariza	L: 12:00 – 13:00 X: 10:00 – 11:00	oleaariza@fis.ucm.es	Despacho 207.0 3ª pl, Central

Programa de la asignatura

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
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Modalidad B: docencia invertida. Si se divide a los alumnos en subgrupos, asistirán a clase rotando estos semanalmente. Las clases se repetirán para cada subgrupo. Se pondrán a disposición de los estudiantes, en el Campus Virtual, vídeos basados en las transparencias de clase, explicando cada tema, garantizando así la adquisición de las mismas competencias que en las clases teóricas presenciales. Durante las sesiones presenciales se trabajarán dudas, fijación de conceptos, problemas, etc. De ser necesario, se podrán realizar tutorías online, usando Hangouts o algún otro software similar, previa comunicación por email.
Docencia en línea (Escenario 2)
En el caso en que las circunstancias sanitarias hicieran necesaria la suspensión de la actividad docente presencial durante algún periodo de tiempo, se pondrán a disposición de los estudiantes, en el Campus Virtual, vídeos basados en las transparencias de clase, explicando cada tema, garantizando así la adquisición de las mismas competencias que en las clases teóricas presenciales. Además, el profesor realizará tutorías online, usando Hangouts o algún otro software similar, previa comunicación por email.

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, en las prácticas de laboratorio y en los ejercicios de simulación con PSpice para aprobar la asignatura. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Propiedades Físicas de los Materiales		Código	800550	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de Materiales	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.75	2.25	
Horas presenciales	43	27	6	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	123	e-mail	adame@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5	X, V	12:00 - 13:30	Francisco Domínguez-Adame Acosta	33	FM

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Aula Lab. Física del Estado Sólido	27/10/2021: 15:00-17:00h 3, 10, 17 y 24 de noviembre 2021: de 15:00-17:00h	Gabriel Sánchez Santolino	10	FM
L2	Aula Lab. Física del Estado Sólido	28/10/2021 de 15:00-17:00h 4, 11, 18 y 25 de noviembre 2021 de 15:00-17:00h	Mariona Cabero Piris	10	FM
L3	Aula Lab. Física del Estado Sólido	29/10/2021 de 15:00-17:00h 5, 12, 19 y 26 de noviembre 2021 de 15:00-17:00h	Mariona Cabero Piris	10	FM

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Francisco Domínguez-Adame Acosta	L, M , X. 09:00-11:00	adame@fis.ucm.es	123 (2ªplanta)

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.

Prácticas de Laboratorio: Estados Electrónicos en Cristales. Vibraciones de Red. Defectos en Materiales Magnéticos. Caracterización de un Semiconductor.

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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

Clases teóricas generales y ejemplos y ejercicios prácticos.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se seguirá la modalidad A de las directrices de la Facultad de Ciencias Físicas para la adaptación a la docencia semipresencial. El profesor impartirá las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase, se retransmitirán y grabarán las clases con cámara o tableta. Los laboratorios no se verán afectados.

Docencia en línea (Escenario 2)

Se proporcionarán vídeos explicativos a través de las herramientas disponibles en el Campus Virtual, y se habilitarán sesiones en línea para resolver dudas. Se reforzará el tiempo dedicado a tutorías a través de correo electrónico. Las prácticas de laboratorio serán sustituidas por la simulación en ordenador. Se proporcionará a los alumnos los códigos y los programas necesarios para ello, de manera que puedan realizarlas de forma remota.

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, en horario de clase **Prácticas de Laboratorio:** 1. Estados electrónicos en cristales 2. Vibraciones de la red 3. Defectos en materiales magnéticos 4. Plasmones 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** vendrá dada por la fórmula: **CF** = máx (0.40*A + 0.60*E, E) La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Métodos Experimentales en Física del Estado Sólido		Código	800553	Curso	4º	Sem.	1º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Física de Materiales	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.75	2.25	
Horas presenciales	43	27	6	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	Carlos Díaz-Guerra Viejo		Dpto.	FM
	Despacho	111 2ªplanta	e-mail	cdiazgue@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5	L, V	9:00 - 10:30	Carlos Díaz-Guerra Viejo	33	FM

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	A concretar con los estudiantes		Carlos Díaz-Guerra Viejo	10	FM
L2				10	
L3				10	
Se realizarán 10 horas de laboratorio que incluirá la realización de experimentos en distintos laboratorios y centros de investigación experimental en Física del Estado Sólido. El programa concreto de prácticas así como el calendario se acordará con los estudiantes.					

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Carlos Díaz-Guerra Viejo	L, M, X. J: 14:30-16:00 On line o presenciales	cdiazgue@fis.ucm.es	111(2ªplanta)

Programa de la asignatura
1. Introducción y estrategias generales de medida.
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.
9. Caracterización en grandes instalaciones científicas.

Bibliografía
- Materials characterization: Introduction to microscopic and spectroscopic methods, Yang Leng, J. Wiley and Sons (2008).
- Physical Methods for Materials Characterisation. P.E.J. Flewitt and R.K. Wild. Institute of Physics Publishing Ltd., Bristol, 1994.
- Fundamentals of powder diffraction and structural characterization of materials, V.K. Pecharsky and P.Y. Zavalij, Springer (2005).
- Neutron and X-ray spectroscopy, F. Hippert, E.Geissler, J.L. Hodeau, E. Lelievre-Berna, Springer (2006).
- Diffraction Methods in Materiaís Science. J.B.Cohen. The Memillan Company, New York, 1966.
- Dieter K. Schroder, Semiconductor Material and Device Characterization, Wiley-Interscience (1990)
- H. Kuzmany, Solid-State Spectroscopy, Springer (1998)
- P. J. Goodhew, J. Humphreys, R. Beanland, Electron Microscopy and Analysis. Taylor & Francis (2001)
- R. Wiesendanger, Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy, Cambridge (1994*).*
Recursos en internet
Campus virtual de la asignatura, en el que se incorporará documentación para el seguimiento del curso.

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
Clases de teoría en las que se explicarán los conceptos fundamentales, que incluirán ejemplos con trabajos de investigación actuales para ilustrar los principales conceptos. Realización de trabajos escritos, individuales y/o en grupo, donde se profundizará sobre alguno de los temas propuestos en las clases de teoría.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se seguirá la modalidad A de las directrices de la Facultad de Ciencias Físicas para la adaptación a la docencia semipresencial. El profesor impartirá las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de las clases, estas se retransmitirán y grabarán con cámara o tableta. El material impartido en cada clase estará disponible previamente en el Campus Virtual de la asignatura. Los laboratorios no se verán afectados.

Docencia en línea (Escenario 2)
Los conceptos fundamentales de cada uno de los temas se pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual mediante vídeos cortos y otro material seleccionado en PDF, además de una guía para trabajar con los materiales. También se pondrán a disposición de los estudiantes los ejemplos de los distintos métodos experimentales, adaptando los distintos conceptos teóricos a supuestos prácticos. Estos ejemplos se explicarán en clases on-line síncronas, que se grabarán para aquellos estudiantes que no puedan participar en ellas. Se propondrá la realización de trabajos escritos, individuales y/o en grupo, donde se profundizará sobre alguno de los temas propuestos en las clases de teoría. Se habilitarán tutorías on-line para el seguimiento de los trabajos y la resolución de dudas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Se realizará un examen final en el que habrá que responder a cuestiones relacionadas con el contenido de las explicaciones y los trabajos de clase indicados por el profesor. Será imprescindible obtener una calificación mayor o igual que 5 en el examen para poder aprobar la asignatura.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Se tendrán en cuenta los trabajos realizados (individuales y en grupo), las prácticas de laboratorio y la participación en clases, seminarios y visitas de asistencia voluntaria.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final} = 0.6N_{Examen} + 0.4N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	Práct./Semin./Lab.
Créditos ECTS:	6	4.2	1.8
Horas presenciales	43	30	13

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	103	e-mail	pzurita@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	Pablo Zurita Gotor	Todo el semestre	43	T/P	FTA

T: teoría; P: prácticas

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Pablo Zurita Gotor	M, J: 12.00h-13.30h	pzurita@ucm.es	Dpcho. 103, 4ª Pl. Este

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

Programa de la asignatura

1. Introducción: la atmósfera como máquina térmica. Formas e intercambios de energía en la atmósfera. Balance global de entropía. La atmósfera como máquina térmica. 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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)
En un escenario de docencia semipresencial, las clases de teoría se impartirán siguiendo la modalidad A. El profesor elaborará transparencias y material audiovisual, que pondrá a disposición de los alumnos con anterioridad al horario de clase. Durante el horario de clase se revisarán las principales conceptos, se resolverán las dudas surgidas y se plantearán ejercicios basados en el material visto en teoría. Esta actividad será retransmitida en directo para los alumnos no presentes siguiendo las rotaciones establecidas por Decanato.
Docencia en línea (Escenario 2)
En un escenario de docencia en línea el profesor elaborará material audiovisual para el seguimiento de las clases teóricas, el cual podrá ser grabado con antelación o emitido en directo durante el horario de clase. Las clases prácticas o de problemas se realizarán usando herramientas que permitan la participación de los alumnos. Las prácticas se realizarán de forma virtual.

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 y con la calificación de las memorias de las prácticas. La entrega de los informes de las prácticas es requisito imprescindible para la superación de la asignatura en cualquier convocatoria.		
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·NExam + 0.40·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 y se hayan presentado todos los informes de prácticas. La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	4.2	1.8	
Horas presenciales	43	30	10	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 Pavon Carrasco		Dpto.	FTA
	Despacho	106, 4ª Pl. Este	e-mail	fjpavon@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5	M,J	12.00-13.30	Francisco Javier Pavón Carrasco	40	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Aula Informática 15	21/10/2021 y 02/12/2021	Mercedes Hernández Paredes	3	FTA
L2	Aula Informática 2	21/10/2021 y 02/12/2021	Mariano Simón Arnáiz Rodríguez	3	

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Francisco Javier Pavón Carrasco	L y X: 12:30h-14:00h + 3h online	fjpavon@fis.ucm.es	Dpcho. 106, 4ª Pl. Este

Programa de la asignatura

1. Introducción.

Desarrollo histórico. 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. Teorema de Stokes y Principio de Dirichlet. Problemas de contorno.

3. Campo de la gravedad.

Elipsoide internacional. Potencial normal y gravedad normal. Potencial anómalo. Ondulaciones del geoide. Ecuación fundamental de la Geodesia Física. Anomalías de la gravedad. Anomalías isostáticas. Efecto indirecto de las reducciones de la gravedad. Altitudes.

4. Satélites artificiales.

Perturbación de órbitas Keplerianas. Determinación de los armónicos zonales. Altimetría por satélite. GPS.

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. Inversiones y excursiones geomagnéticas. Reconstrucciones del campo geomagnético basadas en paleomagnetismo.

10. Interacción Tierra-Sol.

Características de la ionosfera y magnetosfera. 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

- 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

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.bgu.tum.de/iapg/forschung/schwerefeld/goco/. Modelo geopotencial Gravity Observation Combination (GOCO).

http://icgem.gfz-potsdam.de/home. International Centre for Global Earth Models (ICGEM).

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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).

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

MODALIDAD A.

Los alumnos se dividirán en subgrupos cuyo tamaño cumpla con el aforo máximo permitido en el aula, teniendo en cuenta las restricciones sanitarias establecidas. Se impartirán las clases en el régimen habitual, pero asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de clases a distancia se utilizará la herramienta Teams, Google Meet o similar. En la medida de lo posible se grabarán las clases. Esas grabaciones y las presentaciones se pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual. Las dos sesiones prácticas P1 y P2 serán presenciales para todos los alumnos.

Docencia en línea (Escenario 2)
La docencia online incluye la grabación de clases que se irán subiendo al Campus Virtual semanalmente (de acuerdo al programa de la asignatura) alternada con sesiones tele-presenciales para resolver dudas y/o ejercicios prácticos dependiendo de la situación personal, posibilidades y demanda de los alumnos de la asignatura. Se adaptarán los contenidos prácticos que anteriormente iban a ser desarrollados en un aula de informática UCM a las posibilidades técnicas de los alumnos. Finalmente, se agregarán más ejercicios prácticos con la idea reforzar la evaluación continua y poder seguir mejor el progreso de los alumnos.

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, siempre que en dicha fecha haya asistido como mínimo a un 70% de las clases (si la actividad es presencial). Sólo podrán obtener una calificación en este apartado (NOtrasActiv) aquellos alumnos que hayan asistido como mínimo a un 70% de las clases (si la docencia es presencial).		
Calificación final		
La calificación final será la mejor de las dos opciones opciones: CFinal = 0.7·Nexamen + 0.3·NOtrasActiv, CFinal = Nexamen 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 julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2021-22)

Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica		**Código**	800544	**Curso**	4º	**Sem.**	2º
Módulo	Física Aplicada	**Materia**	Electrónica y Procesos Físicos	**Tipo**	optativo		

	Total	**Teóricos**	**Práct./Semin.**
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5
Horas presenciales	43	25	18

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	María Luisa Lucía Mulas		**Dpto.**	EMFTEL
	Despacho	110.0	**e-mail**	mllucia@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22							
Grupo	**Aula**	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Periodo**	**horas**	**Dpto.**
A	4A	L, X	9:00-10:30	María Luisa Lucía Mulas	Todo el semestre	43	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	María Luisa Lucía Mulas	L y X: 10:30-13:30	mllucia@fis.ucm.es	110, 3ª planta. Módulo Este

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. Nociones Básicas de Amplificación
4. 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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se dividirá el grupo en subgrupos y la docencia se realizará de la siguiente forma:

Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con la presentación mediante diapositivas del material correspondiente, así como clases de pizarra tradicional retransmitida con cámara.

Docencia en línea (Escenario 2)

Si se debe recurrir a enseñanza completamente On Line, se subirán al campus virtual de la asignatura las clases grabadas en formato Power Point con audios, así como cualquier material adicional que facilite la comprensión de la materia.

Cada dos semanas, se realizará una sesión síncrona, para tratar temas comunes y resolver dudas.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

Se realizará un examen parcial (a mediados del semestre y en horario de clase) y un examen final. En el examen parcial se propondrán cuestiones teórico-prácticas. El examen final tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).

La calificación final, relativa a exámenes, N_{Final}, se obtendrá de la mejor de las opciones:

$$N_{Final} = 0.3\ N_{Ex\_Parc} + 0.7\ N_{Ex\_Final} \qquad N_{Final} = N_{Ex\_Final}$$

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.

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

Se realizarán las siguientes actividades de evaluación continua: Problemas, ejercicios.

Calificación final

La calificación final será la mejor de las opciones:

$$C_{Final} = 0.7\ N_{Final} + 0.3\ N_{Otras\ Activ} \qquad C_{Final} = N_{Final}$$

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

En la convocatoria extraordinaria de julio se guardará la nota obtenida de las Otras actividades de evaluación.

Grado en Física (curso 2021-22)

Dispositivos de Instrumentación Óptica		Código	800546	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	43	25	8	10

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:	Juan Antonio Quiroga Mellado		Dpto.	Óptica
	Despacho	D01-07	e-mail	aq@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	4A	M,J	10:30-12:00	Javier Vargas Balbuena	Febrero-Marzo	24	T/P/S	OPT
				Juan Antonio Quiroga Mellado	Marzo-Abril	9	T/P/S	OPT

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
A	Lab Óptica	M-J: Abril y Mayo 10:30-12:00	Juan Antonio Quiroga Mellado	5	OPT
	Lab Óptica	M-J: Abril y Mayo 10:30-12:00	Javier Vargas Balbuena	5	OPT

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Javier Vargas Balbuena	M: 12:00-15:00 presenciales J: 12:00-15:00 no presenciales	jvargas@fis.ucm.es	Despacho 01-D15
	Juan Antonio Quiroga Mellado	L, X: 10:00-12:00h Presenciales	aq@fis.ucm.es	Despacho 01-D7

Programa de la asignatura

1. Introducción
2. Radiometría y fotometría
3. Calidad de imagen y resolución
4. Dispositivos refractivos y reflectivos. Otros dispositivos
5. Sensores CCD y CMOS
6. 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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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 laboratorio 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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Se opta por la modalidad A de las directrices contenidas en el documento "Medidas extraordinarias de planificación y organización docente para el curso 2020-21" de la facultad de CC Físicas

CLASES TEÓRICO-PRÁCTICAS EN EL AULA

El profesor impartirá las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente el numero de alumnos que permita el aforo de la clase. Para esto, el grupo se dividirá en subgrupos que garanticen la misma presencialidad a todos los alumnos. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams, Google Meet o similar, conjuntamente con la presentación de diapositivas y la pizarra electrónica.

CLASES PRÁCTICAS EN LABORATORIOS

Las prácticas de laboratorio se organizarán con la presencialidad habitual para el estudiante, manteniendo las restricciones de distanciamiento y procurando que en cada sesión el trabajo en el puesto de laboratorio sea realizado físicamente por un solo estudiante. En particular se procederá a

- Ampliación del espacio del laboratorio

- Distribución de tareas de preparación de montajes, medida, análisis de datos y presentación de resultados entre estudiantes

TUTORIAS

No cambia con respecto a lo especificado en la ficha docente

Docencia en línea (Escenario 2)

CLASES TEÓRICO-PRÁCTICAS

Se desarrollarán en formato de video-conferencia a través del Campus Virtual.

El seguimiento de los contenidos de teoría se realizará mediante la herramienta Microsoft Teams, Google Meet o similar, en horario de la asignatura.

PROYECTOS DE LABORATORIO

Se realizarán en grupo, como un entregable sobre la temática del proyecto asignado. Cada grupo deberá ponerse en contacto con el profesor responsable para recibir una aclaración sobre cómo orientar el trabajo correspondiente.

TUTORIAS

Se desarrollarán mediante video-conferencia, a través del Campus Virtual de la asignatura (utilizando herramientas como Microsoft Teams, Google Meet o similar) o mediante cualquier otro procedimiento telemático (email o cualquier otro medio), previa comunicación al profesor.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50%
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: 20% Proyectos de laboratorio (incluidas presentaciones): 30%		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final} = 0.5\ N_{Exámen} + 0.5\ N_{OtrasActiv}$, 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 2021-22)

Energía y Medio Ambiente		Código	800549	Curso	4º	Sem.	2º
Módulo	Física Aplicada	Materia	Electrónica y Procesos Físicos	Tipo	optativo		

	Total	Teóricos	Práct./Semin.	Lab.
Créditos ECTS:	6	3.5	2.5	
Horas presenciales	43	25	4.5	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	Carlos Armenta Déu		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	211	e-mail	cardeu@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	4A	L V	10:30-12:00 12:00-13:30	Carlos Armenta Déu	L,V: 24/01-28/02	7.0	T	EMFTEL
				Cristina Rincón Cañibano	L,V: 25/03-22/04	7.5		
				Loreto García Fernández	L,V: 04-21/03	9.0		
				Samuel España Palomares	L,V: 25/04-09/05	6.0		

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Carlos Armenta Déu	L-J: 09:00-10:30	cardeu@fis.ucm.es	211, 3ª Pl., Módulo Central
	Cristina Rincón Cañibano	L,X: 12.30.14.30 Email o Google Meet	crrincon@ucm.es	106. 1ª Planta Módulo Este
	Loreto García Fernández	M: 12:30-14:00 Campus Virtual o correo electrónico (2h)	loreto.garcia@ucm.es	108.0 1ª Planta Módulo Este
	Samuel España Palomares	X: 11:00-13:00	sespana@ucm.es	230, 3ª Planta, Módulo Central

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Lab. Energías Renovables Lab. 4ª planta Lab. Terraza 4º planta	1	Jaime Rosado Vélez	1.5	EMFTEL
		1	Rodrigo García Hernansanz	1.5	EMFTEL
		3	Cristina Rincón Cañibano	4.5	EMFTEL
		2	Loreto García Fernández	3.0	EMFTEL
		2	Samuel España Palomares	3.0	EMFTEL
L2	Lab. Energías Renovables Lab. 4ª planta Lab. Terraza 4º planta	1	Jaime Rosado Vélez	1.5	EMFTEL
		1	Rodrigo García Hernansanz	1.5	EMFTEL
		3	Cristina Rincón Cañibano	4.5	EMFTEL
		2	Loreto García Fernández	3.0	EMFTEL
		2	Samuel España Palomares	3.0	EMFTEL
L3	Lab. Energías Renovables Lab. 4ª planta Lab. Terraza 4º planta	1	Jaime Rosado Vélez	1.5	EMFTEL
		1	Rodrigo García Hernansanz	1.5	EMFTEL
		3	Cristina Rincón Cañibano	4.5	EMFTEL
		2	Loreto García Fernández	3.0	EMFTEL
		2	Samuel España Palomares	3.0	EMFTEL
L4	Lab. Energías Renovables Lab. 4ª planta Lab. Terraza 4º planta	1	Jaime Rosado Vélez	1.5	EMFTEL
		1	Rodrigo García Hernansanz	1.5	EMFTEL
		3	Cristina Rincón Cañibano	4.5	EMFTEL
		2	Loreto García Fernández	3.0	EMFTEL
		2	Samuel España Palomares	3.0	EMFTEL

Programa de la asignatura

Teoría

- Tema 1: Panorama energético global. Fuentes de energía: convencionales y renovables. Estado actual del arte. El uso de la energía y su influencia en el Medio Ambiente
- Tema 2: La Energía Nuclear: principios y fundamentos básicos en procesos energéticos
- Tema 3: Usos de la Energía Nuclear: aplicaciones y sistemas. La Energía Nuclear y el Medio Ambiente: impacto y medios de control
- Tema 4: Energías Renovables: tipos y características. Las energías renovables y el Medio Ambiente: estudio comparativo
- Tema 5: Fundamentos físicos y procesos energéticos de las principales fuentes de energía renovable: ecuaciones fundamentales
- Tema 6: El almacenamiento de energía. Las celdas de combustible
- Tema 7: Fundamentos de la eficiencia energética. Uso racional de la energía: criterios
- Tema 8: El cambio climático: mecanismos y formas de actuación

Prácticas

- Práctica 1: Evaluación energética del recurso solar
- Práctica 2: Evaluación energética del recurso eólico
- Práctica 3: Evaluación energética de combustibles fósiles
- Práctica 4: Determinación de emisiones de procesos de combustión: CO2
- Práctica 5: Medición de contaminación ambiental

- Práctica 6: Estudio del radón ambiental con una fuente de granito
- Práctica 7: Medida del coeficiente de atenuación de rayos gamma en diversos materiales
- 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, 3rd ed.
- 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, 3rd 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:

- Aula Virtual con los contenidos de la asignatura, tanto temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, 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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos, aplicaciones y ejercicios (2 horas semanales 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.

LABORATORIO: Se llevarán a cabo sesiones explicativas en el aula dividiendo a los alumnos en 3 grupos de manera que cada grupo asista a la sesión explicativa de cada práctica. Se hará una demostración práctica por parte del profesor en el aula sobre un equipo de prácticas, siempre que sea posible. Se proporcionarán datos a los alumnos. Se planteará un caso práctico sencillo basado en la temática de la práctica que el alumno deberá resolver utilizando los datos proporcionados y empleando la metodología explicada en la sesión de clase.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)
TEORÍA: El profesor impartirá las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, que permita la participación de los estudiantes a distancia, a través de la presentación de diapositivas en sesión asistida con cámara. El profesor pondrá a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual el material para seguir las clases teóricas consistente en las presentaciones de cada tema. LABORATORIO: Se llevarán a cabo sesiones explicativas en el aula dividiendo a los alumnos en 3 grupos de manera que cada grupo asista a la sesión explicativa de cada práctica. Se hará una demostración práctica por parte del profesor en el aula sobre un equipo de prácticas, siempre que sea posible. Se proporcionarán datos a los alumnos. Se planteará un caso práctico sencillo basado en la temática de la práctica que el alumno deberá resolver utilizando los datos proporcionados y empleando la metodología explicada en la sesión de clase. El alumno elaborará un informe sobre la resolución del caso práctico.
Docencia en línea (Escenario 2)
TEORÍA: El profesor impartirá las clases en el régimen habitual a través de la herramienta Microsoft Teams de Moodle, que permita la participación de los estudiantes a distancia, mediante la presentación de diapositivas en sesión asistida con cámara. El profesor pondrá a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual el material para seguir las clases teóricas consistente en las presentaciones de cada tema. LABORATORIOS (Todas las prácticas) Se llevarán a cabo sesiones explicativas en el aula a través de la herramienta Microsoft Teams de Moodle de manera que todos los alumnos puedan presenciar la sesión explicativa de cada práctica. Se hará una demostración práctica por parte del profesor mediante un video sobre un equipo de prácticas, siempre que sea posible. Se proporcionarán datos a los alumnos. Se planteará un caso práctico sencillo basado en la temática de la práctica que el alumno deberá resolver utilizando los datos proporcionados y empleando la metodología explicada en la sesión de clase. El alumno elaborará un informe sobre la resolución del caso práctico

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	40%
Asimismo, se evaluará • Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase • Las prácticas de laboratorio La calificación media de los problemas tendrá un peso específico del 10% La calificación media de las prácticas de laboratorio tendrá un peso específico del 30%		
Calificación final		
El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula: $C_f = 0.6Ex + 0.3Pr + 0.1Pb$ donde C_f es la calificación final, Pb la calificación media de los problemas resueltos por el alumno fuera de las horas de clase, Pr la calificación media de las prácticas de laboratorio, y Ex la nota del examen final.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	27	16

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	Bianchi Méndez Martín			Dpto.	FM
	Despacho	125	e-mail	bianchi@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22							
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	Dpto.
A	4A	M,J	12:00-13:30	Leonor Chico Gómez	24 enero - 11 marzo 2022	22	FM
				Bianchi Méndez Martín	14 marzo - 6 mayo 2022	21	

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Bianchi Méndez Martín	L, M. 10:30-13:30	bianchi@fis.ucm.es	125 (2ª Planta)
	Leonor Chico Gómez	L, X. 10:30-13:30	leochico@ucm.es	122 (2ªplanta)

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 tanto para docencia presencial, semipresencial o no presencial, en función de los escenarios vigentes.

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

• 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.

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Las clases se impartirán en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Microsoft Teams de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. Las clases quedarán grabadas a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.

Docencia en línea (Escenario 2)

• Clases de teoría para explicar los conceptos fundamentales que incluirán ejemplos y aplicaciones. Para estas clases se usará el Microsoft Teams. Los alumnos dispondrán del material utilizado en clase con suficiente antelación. Las clases quedarán grabadas a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.

• Realización de trabajos tanto orales como escritos por parte de los alumnos de temas relacionados con el programa de la asignatura. Se utilizarán herramientas de videoconferencia y entrega de tareas del Campus virtual.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen consistirá en una serie de cuestiones (de nivel similar a las resueltas en clase).		
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.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final} = 0.7\ N_{Exámen} + 0.3\ N_{OtrasActiv}$, 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. Para aprobar la asignatura será necesario aprobar el examen final.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	27	16

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:	Ana Irene Urbieta Quiroga			Dpto.	FM
	Despacho	105, 2ª pl.	e-mail	anaur@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	4A	M,J	9:00-10:30	Ana Urbieta Quiroga	43	FM

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Ana Irene Urbieta Quiroga	L , X, J. 11:00-13:00	anaur@fis.ucm.es	Despacho 105 2ª Planta

Programa de la asignatura

1. Materiales inteligentes. Control de las propiedades físicas: materiales piezoeléctricos y magnetostrictivos, magnetocalóricos, materiales termoeléctricos, materiales con memoria de forma..

2. Materiales electrónicos. Ingeniería del band-gap. Cristales fotónicos. Materiales para la energía. Materiales orgánicos en electrónica.

3. Materiales magnéticos. Espintrónica. Almacenamiento de información. Semiconductores magnéticos.

4. Materiales basados en carbono: fullerenos, nanotubos de carbono, grafeno.

5. Materiales estructurales. Cerámicos y compuestos.

6. Biotecnología y biomateriales. Funcionalización de materiales. Ingeniería de tejidos.

Bibliografía

- Smart Electronic Materials, Fundamentals and Applications, Jasprit Singh, Cambridge University Press, 2005.
- Carbon Nanotube and Graphene, Device Physics, H.-S. Philip Wong, Deji Akinwande, Cambridge University Press, 2010.
- Magnetism and Magnetic Materials, J. M. D. Coey, Cambridge University Press, 2010.
- An Introduction to Materials Engineering and Science for Chemical and Materials Engineers, B. S. Mitchell, Wiley and Sons, 2004.

Recursos en internet

Campus virtual de la asignatura: El contenido y actividades de esta asignatura se incluyen en las plataformas Moodle y Sakai

Página web de la profesora http://piloto.fis.ucm.es/paloma1

A lo largo del curso se suministrará webgrafía complementaria acorde con los temas y actividades que se estén desarrollando en cada momento.

Metodología

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

Las características fundamentales de este curso son las propias de una metodología de aprendizaje basado en proyectos. En este enfoque adquiere especial relevancia el trabajo en grupo, la participación de los estudiantes en la clase y la utilización de diversas herramientas de aprendizaje activo.

Los contenidos del curso se desarrollarán a través de clases en las que se expondrán los aspectos básicos de cada tema y se asignarán las tareas correspondientes. En cada caso se indicará qué tareas deben realizarse en grupo y cuáles de forma individual. En todos los casos servirán para realizar el seguimiento del aprendizaje y finalmente la evaluación.

Por otra parte se realizarán diversas actividades en las que el papel fundamental será desempeñado por los alumnos. Algunos ejemplos de estas actividades pueden ser la creación de un blog en el que se vaya reflejando el desarrollo del curso, elaboración de proyectos de investigación o aplicación “reales” sobre temas relacionados con el curso, elaboración de una revista virtual sobre el desarrollo del curso, organización de un “congreso” a final de curso donde se recojan los trabajos realizados durante el curso, diseño de una “web quest”, realización de una “asignaturapedia” etc..

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Modalidad B. Las clases presenciales se dedicarán a resolución de problemas, casos prácticos, trabajo en grupo, etc, repitiendo estas actividades para cada subgrupo. Previamente, se pondrá a disposición de los estudiantes en el campus virtual el material necesario para entender la teoría en la que se basarán las clases presenciales (clase invertida).

Docencia en línea (Escenario 2)
En el campus virtual se añadirán vídeos, apuntes, transparencias, artículos y material bibliográfico para que los alumnos puedan desarrollar las competencias requeridas para superar la asignatura. Además del material suministrado en el campus virtual en forma asíncrona, se realizará una o dos sesiones de telepresencia por semana en el horario de la asignatura para que los alumnos puedan intercambiar dudas e ideas tanto con la profesora como entre ellos mismos. La profesora indicará por email a los alumnos cada semana los temas a desarrollar durante esa semana con objeto de aprovechar mejor dichas sesiones. Los alumnos deberán entregar a través del campus virtual o por mail las tareas entregables que se utilizarán para realizar la evaluación. La mayoría de estas tareas se desarrollarán en grupo.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50%
La evaluación de los aprendizajes de contenidos se realizará a través de ejercicios y exámenes de test (en algunos casos “on line”) sobre los contenidos y objetivos básicos de la asignatura. En cada tema se especificarán cuáles son los contenidos mínimos que es necesario adquirir para dar completada esa parte de la asignatura. Si en una parte de la asignatura no se consigue superar la nota mínima especificado, podrá restringirse el acceso a los contenidos de la siguiente parte, en tanto no se superen dichos contenidos mínimos.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%
La evaluación se realizará a través de todas las actividades, ejercicios, test… completados a lo largo del curso. En cada caso, los detalles de evaluación se reflejarán en la matriz de evaluación o rúbrica de cada alumno y de cada actividad. La naturaleza de las actividades que se desarrollan a lo largo del curso puede ser muy distinta, y por lo tanto lo serán los parámetros de evaluación en cada caso.		
Calificación final		
Dado que la evaluación que se propone tiene carácter no sólo sumativo, sino también formativo, la calificación final tendrá en cuenta los dos apartados anteriores.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	30	13

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:	Encarnación Serrano Mendoza		Dpto.	FTA
	Despacho	111	e-mail	eserrano@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	4A	X, V	10:30-12:00	Encarnación Serrano Mendoza	Todo el semestre	43	T/S	FTA

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Encarnación Serrano Mendoza	X y V: 12.30h-14.00h	eserrano@fis.ucm.es	Dpcho. 111, 4ª Pl. Este

(*) (3h no presenciales): horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, etc.

Programa de la asignatura

1. **Clima y Cambio climático.** Clima y sociedad. Sistema climático. Concepto de Cambio climático. Balance radiativo del planeta. Efecto invernadero. Balance de energía en superficie.
2. **Causas del Cambio climático.** Factores naturales y antropogénicos en un clima cambiante. Forzamientos radiativo. Procesos de realimentación.
3. **Variabilidad climática.** Escalas temporales de variabilidad climática. Cambios climáticos en la historia de la Tierra. Evolución climática en el periodo instrumental. Variabilidad climática de origen natural (forzada e interna) y antropogénico desde la era industrial.
4. **Modelización del clima futuro.** Bases de la predicción climática. Modelos climáticos. Predicciones climáticas estacionales a decadales. Escenarios de emisiones. Proyecciones del cambio climático.
5. **Fenómenos climáticos extremos.** Extremo climático: concepto y categorías. Relación exposición-vulnerabilidad-impacto asociada a extremos climáticos. Cómo se mide un extremo climático. Análisis de ciertos episodios de extremo climático. Cambios proyectados en extremos climáticos.

Seminarios (8 sesiones): Charlas y debates con los alumnos como ponentes, sobre temas relacionados con el Cambio climático. Posibles temáticas:

- Cambio climático y los medios.
- Iniciativas y acuerdos internacionales para afrontar el cambio climático
- Efectos del cambio climático en ecosistemas y en el ámbito socio-económico.
- Eventos de extremos climáticos (olas de calor y de frío, sequías, inundaciones, …)
- Grandes cambios climáticos en la historia del planeta.

Fechas: viernes, en horario de clase.

Bibliografía

BÁSICA

· Houghton, J., 2015 (5th Ed.): Global warming: The complete briefing. Cambridge University Press.

· IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Organización Meteorológica Mundial.

· IPCC, 2013: Resumen para responsables de políticas, Resumen técnico y Preguntas frecuentes. En: Cambio climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press.

· IPCC, 2013: Glosario. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press.

· IPCC, 2012: Resumen para responsables de políticas. En: Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Informe especial de los Grupos de trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambridge University Press.

COMPLEMENTARIA

· IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. In Press.

· IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

· IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press.

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

Docencia presencial 100% (Escenario 0)

Se impartirán:

- Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos y fenómenos del Cambio climático desde un punto de vista de la Física, incluyendo ejemplos reales.
- Clases prácticas, en el formato de seminarios, que se irán intercalando adecuadamente con las clases de teoría, como apoyo y complemento de éstas últimas.

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

Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Modalidad A

Se impartirán:

▪ Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos y fenómenos del Cambio climático desde un punto de vista de la Física, incluyendo ejemplos reales.

▪ Clases prácticas, en el formato de seminarios, que se irán intercalando adecuadamente con las clases de teoría, como apoyo y complemento de éstas últimas.

Para el seguimiento de las clases a distancia (clases de teoría y seminarios) se empleará la herramienta Google Meet (o similar), que permitirá también la participación de los estudiantes que no estén en el aula.

Los contenidos de las clases de teoría se explicarán utilizando presentaciones proyectadas desde el ordenador y pizarra electrónica o similar. Las 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.

Se fomentarán las tutorías a distancia, tanto individuales como en grupo, usando Google Meet o similar.

Docencia en línea (Escenario 2)

▪ Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos y fenómenos del Cambio climático desde un punto de vista de la Física, incluyendo ejemplos reales.

▪ Clases prácticas, en el formato de seminarios, que se irán intercalando adecuadamente con las clases de teoría, como apoyo y complemento de éstas últimas.

Las clases a distancia se impartirán en sesiones síncronas empleando Google Meet o similar. Los contenidos de las clases de teoría se explicarán utilizando presentaciones proyectadas desde el ordenador (diapositivas, videos) y pizarra electrónica o similar. Las 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.

Se fomentarán las tutorías en grupo usando Google Meet o similar, aparte de las tutorías individuales a distancia (por correo-e o con videoconferencias).

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.		
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 propuesto para este fin (y que se expondrá en las sesiones de los Seminarios) y responder a cuestionarios (uno por seminario impartido) en las fechas que determine el profesor. La realización del trabajo, la asistencia a los seminarios y la realización de los cuestionarios son de carácter obligatorio.		
Calificación final		
La calificación final será el resultado de la media ponderada de cada uno de los métodos de evaluación según su peso indicado anteriormente: $C_{Final} = 0.70 \cdot N_{Exam} + 0.30 \cdot N_{OA}$ donde N_{Exam} la calificación obtenida en la realización del examen y N_{OA} es la correspondiente a Otras Actividades. La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación, guardando para esta convocatoria la calificación correspondiente a Otras Actividades.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	30	7	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	Vicenta Mª Elisa Buforn Peiró		Dpto.	FTA
	Despacho	116, 4ª pl. Este	e-mail	ebufornp@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	4A	L, X	12:00-13:30	Vicenta Mª Elisa Buforn Peiró	37	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
A1	A15	14 y 21 de febrero, 14 de marzo, 25 de abril 12:00-13:30	Vicenta Mª Elisa Buforn Peiró	6	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Vicenta Mª Elisa Buforn Peiró	1erC: X:10:00h-13:00h 2ºC: L:14:00h-17:00h	ebufornp@ucm.es	116 4ª Pl. Este

Programa de la asignatura

1.- INTRODUCCIÓN
Generación y ocurrencia de terremotos. Terremotos y fallas. Breve historia de la sismología

2.- PROPAGACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS
Mecánica de un medio elástico. Ondas internas. Desplazamientos de ondas P y S. Reflexión y refracción. Trayectorias y tiempos de llegada. Propagación en un medio esférico

3.- DROMOCRONAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA
Observaciones y metodología. Corteza. Manto superior e inferior. Núcleo externo e interno. Densidad y parámetros elásticos

4.- ONDAS SUPERFICIALES y OSCILACIONES LIBRES DE LA TIERRA
Ondas superficiales en un medio semiinfinito. 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. PARAMETROS FOCALES DE LOS TERREMOTOS
Localización y hora origen. Intensidad, magnitud y energía. Mecanismo de los terremotos. Distribución espacio-temporal de terremotos. Distribución de magnitudes. Premonitores, réplicas y enjambres. Peligrosidad y riesgo sísmico. Predicción y prevención de terremotos.

6.- FLUJO TERMICO
Equilibrio adiabático gravitacional. Conducción de calor. Flujo periódico unidimensional. Soluciones estacionarias unidimensionales. Flujo de calor en Tierra esférica. Convección. Medidas de flujo térmico.

7.- EDAD Y EVOLUCION TERMICA DE LA TIERRA
Elementos radiactivos. Leyes de desintegración radiactiva. Principios de geocronología. Método rubidio-estroncio. Método potasio-argón. Método uranio-thorio-plomo. Edad de la Tierra. Evolución térmica de la Tierra.

8.-DINAMICA TERRESTRE
Evolución histórica de las teorías geodinámicas. Fundamentos de tectónica de placas. Procesos en los márgenes de placas. Deriva continental. Movimiento de placas.

Prácticas:

1.- Análisis de un sismograma. Identificación de fases. Tiempos de llegada
2.- Cálculo de la distancias epicentral
3.- Parámetros focales de los terremotos. Hipocentro, magnitud e intensidad

Bibliografía

Básica

E. Buforn, C. Pro y A. Udías. *Solved Problems in Geophysics*. Cambridge University Press. 2012
C.M.R. Fowler. *The Solid Earth.* Cambridge University Press, 2ª ed. 2004
A. Udías y J. Mézcua. *Fundamentos de Geofísica*, 1997

Complementaria

C. Lowrie. *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge University Press, 2ª ed., 2007
J.P Poirier. *Introduction to the Physics of the Earth's Interior*. Cambridge University Press, 2ª ed., 2000
P. M Shearer. *Introduction to Seismology*. 2ª ed. Cambridge University Press, 2009
A. Udías y E. Buforn. *Principles of Seismology (2nd edition)*. Cambridge University Press, 2018

Recursos en internet

Campus virtual
http://www.ign.es
http://www.orfeus-eu.org
http://www.iris.washington.edu

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizarán las herramientas disponibles, que permitan la participación de los estudiantes a distancia, junto con el material correspondiente para el desarrollo de la clase
Docencia en línea (Escenario 2)
METODOLOGÍA: En el Campus Virtual se dispondrá del desarrollo completo de los temas impartidos durante este periodo en formato pdf, proponiendo ejercicios relacionados con el desarrollo de los temas de carácter teórico, como puede ser la deducción de algunas ecuaciones, relaciones, búsqueda de ejemplos en internet, etc. Se complementará con ejemplos de observaciones, como sismogramas de los terremotos de mayor tamaño ocurridos en el periodo docente, daños causados por los mismos si los hubiera, tsunamis, etc. Para los problemas y ejercicios propuestos, se pondrá en el CV la solución de los mismos. En el horario de la signatura, los miércoles se realizará clase online. Así mismo se realizarán tutorías online para resolución de dudas. Se realizará test y entregables de carácter tanto teórico como práctico. El temario de prácticas se ha diseñado de forma que puede adaptarse para que los alumnos puedan realizar las mismas prácticas propuestas pero utilizando registros analógicos en vez de digitales.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen tendrá una parte de cuestiones teóricas y otra parte práctica de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase). 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 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. También se realizarán tests de control a lo largo del curso y en horario de clase (unos 3) sobre cuestiones teóricas y prácticas. 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		
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.		

Grado en Física (curso 2021-22)

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	43	30	1	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. También es útil haber cursado “Estadística y Análisis de datos” y estar cursando “Fundamentos de Meteorología” del Grado de Física.

Profesor/a coordinador/a	Mariano Sastre Marugán		Dpto.	FTA
	Despacho	224, 4ª Pl Central		msastrem@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2021/22

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	4A	L, X	13:30-15:00	Mariano Sastre Marugán	L	15.5	T/P/S	FTA
				Francisco Javier Pavón Carrasco	X	15.5	T/P/S	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Mariano Sastre Marugán	J y V: 10:00h-13:00h	msastrem@ucm.es	Dpcho. 224, 4ª Pl Central
	Francisco Javier Pavón Carrasco	M: 10:30h-12:00h J: 12:30h-14.00h + 3h online	fjpavon@fis.ucm.es	Dpcho. 106, 4ª Pl. Este

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Parque de Ciencias / Aula informática	4 sesiones para 2 subgrupos (Miércoles de 13.30 a 15.00h). Fechas por determinar y dependientes de condiciones meteorológicas.	Francisco Javier Pavón Carrasco	6+6	FTA
	Aula Informática	4 sesiones (Lunes de 13.30 a 15.00h). Fechas por determinar.	Mariano Sastre Marugán	6	

Programa de la asignatura

• **Instrumentación y Medidas**: Variables geofísicas y meteorológicas. Instrumentación y Sistemas de Observación. El proceso de medida: cadena de errores.

• **Aplicaciones en meteorología**: Homogeneización de series de datos climáticos. Análisis y diagnóstico de la atmósfera. Aplicaciones de los reanálisis y satélites meteorológicos. Recurso eólico. Otras aplicaciones

• **Prácticas de meteorología:** 1) Análisis de datos meteorológicos y climáticos. 2) Análisis de situaciones sinópticas a partir de imágenes satelitales y de datos procedentes de reanálisis meteorológicos.

• **Exploración geofísica**: Métodos gravimétrico, magnético y electromagnéticos. Bases Físicas. Instrumentación y trabajo de campo. Interpretación. Posibilidades y limitaciones. Aplicación a medio ambiente, arqueología, búsqueda de recursos naturales, etc.

• **Prácticas geofísicas**:

Práctica 1: Elaboración de mapas de anomalías magnéticas y modelización.

Práctica 2: Medida, con el magnetómetro de protones, de las anomalías magnéticas producidas por estructuras, subterráneas o no, en el jardín.

Práctica 3: Medidas de SEV y ajuste a modelos teóricos (2 días).

Las fechas de realización de estas prácticas depende del tiempo meteorológico, en caso de cancelacíon se traslada también la fecha del tratamiento de datos.

Bibliografía

- Gorgas, J., Cardiel, N., y Zamorano, J. Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias, 2011.
- Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8. 2014 edition
- Milsom, J. J., and Eriksen. A. Field Geophysics (Geological Field Guide), 2011, Willey and Sons, 304 pag.
- Lowrie, W., 2007, Fundamentals of Geophysics, Cambridge University Press.
- Udías A. y J. Mezcua, 1996, Fundamentos de Geofísica, Ed. Alianza.

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/.

Datos de satélites y reanálisis meteorológicos disponibles en internet (los enlaces serán proporcionados por el profesor).

Metodología
Docencia presencial 100% (Escenario 0)
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, una las cuales será en el Aula de informática, y dos de campo y dos de tratamiento de datos en la parte de Geofísica). • Como parte de la evaluación continua, los estudiantes deberán entregar trabajos monográficos.
Docencia semi-presencial (Escenario 1)
MODALIDAD A. Los alumnos se dividirán en subgrupos cuyo tamaño cumpla con el aforo máximo permitido en el aula, teniendo en cuenta las restricciones sanitarias establecidas. Se impartirán las clases en el régimen habitual, pero asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de clases a distancia se utilizará la herramientaTeams, Google Meet o similar. En la medida de lo posible se grabarán las clases. Esas grabaciones y las presentaciones se pondrán a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.
Docencia en línea (Escenario 2)
Se prepararán vídeos de corta duración explicando las transparencias de cada tema para la parte teórica de la asignatura y para introducir algunas de las prácticas (docencia asíncrona). Estos materiales se harán disponibles con tiempo suficiente a través del campus virtual. A continuación, se impartirán clases online para revisar los conceptos principales y para resolver las dudas que los estudiantes pudieran tener, además de para introducir las prácticas con más detalle (docencia síncrona). Los alumnos podrán plantear dudas con antelación a cada clase (enviando texto o audio por correo electrónico) o en el transcurso de la misma. Estas clases online se impartirán dentro del horario habitual de la asignatura y, en la medida de lo posible, se grabarán. Se facilitará todo el material necesario (datos, recursos disponibles en internet, etc.) para que los alumnos puedan hacer las prácticas a distancia con su ordenador. La entrega de los informes correspondientes se hará a través del campus virtual, igual que con los Escenarios 0 y 1.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50%
Se realizará un examen final que constará de cuestiones teórico-prácticas. La calificación final, relativa a exámenes, será N_{Final}.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%
El alumno deberá realizar correctamente y entregar las prácticas que se detallan en el programa. Durante el curso, y como parte de la evaluación continua, el alumno entregará los trabajos (memorias de las prácticas, etc.) que le indiquen los profesores en las fechas que éstos determinen, siempre que en dicha fecha el alumno haya asistido como mínimo a un 70% de las clases hasta entonces llevadas a cabo. La calificación global de este apartado será $N_{OtrasActiv}$.		
Calificación final		
La calificación final será: $C_{Final} = 0.5\ N_{Final} + 0.5\ N_{OtrasActiv}$ <u>siempre y cuando</u> el alumno haya entregado las prácticas que se especifican en el programa. $N_{OtrasActiv}$ es la calificación correspondiente a Otras Actividades y N_{Final} la obtenida en la realización de los exámenes. La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación. Si un alumno tiene aprobada la parte “otras actividades de evaluación” (NotrasActiv≥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 NOtrasActiv, que se promediará con la nota NFinal obtenida en la convocatoria extraordinaria.		

9. **English Files for Fourth Year Subjects**

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

Atomic and Molecular Physics		**Code**	800524	**Year**	4th	**Sem.**	1st
Module	Fundamental Physics	**Topic**	Obligatory of Fundamental Physics	**Character**	Optional		

	Total	**Theory**	**Exer. / Sem.**	**Lab.**
ECTS Credits	6	4	2	
Semester hours	43	28.5	8.5	6

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

By the end of the course students will be able:

- To evaluate the main interactions within a many-electron atom, comprehending how they determine its description, properties, and energy levels.
- To identify the effects of external factors (electric and magnetic fields, and collisions) on atoms.
- To recognize the structure of diatomic and polyatomic molecules.
- To understand the properties of radiation emission and absorption by atoms and molecules.
- To comprehend the fluorescence and phosphorescence processes, and the basis of the main spectroscopic techniques.

Brief description of contents

Many-electron atoms; electrostatic and spin-orbit interactions; angular momentum coupling; interaction with static external fields; molecular structure; diatomic and polyatomic molecules.

Prerequisites

Quantum Physics I and II (basis of quantum mechanics, stationary perturbation theory, angular momentum coupling).

Structure of Matter (Hydrogen atom, many-electron systems, central-field approximation, spin-orbit coupling, notions of molecular structure).

Coordinator	Jaime Rosado Vélez		**Dept.**	EMFTEL
	Office	241 3rd floor	**e-mail**	jaime_ros@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	**3**	M-W	14:00-15:30	Nieto Castaño, Daniel	Whole semester	37	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Nieto Castaño, Daniel	M-J, 11:30-13:00	d.nieto@ucm.es	17, 3rd floor

Numerical calculus exercises				
Group	**Lecture Room**	**Sessions**	**Professor**	**Hours**
B I1.4	M2	Wed. 06/10/2021 14:00-15:30	Nieto Castaño, Daniel	1.5
B I2.4	M2	Wed. 20/10/2021 14:00-15:30		1.5

Attendance for these sessions is not mandatory but encouraged.
Remote participation will be enabled for all sessions.

Laboratory				
Group	**Laboratory**	**Sessions**	**Professor**	**Hours**
L.B1	Laboratorio de Física Atómica y Molecular	Wed. 27/10/2021 14:00-15:30	Nieto Castaño, Daniel	1.5
L.B2	Laboratorio de Física Atómica y Molecular	Wed. 03/11/2021 14:00-15:30		1.5
L.Y1	Laboratorio de Física Atómica y Molecular	Wed. 27/10/2021 17:00-18:30		1.5
L.Y2	Laboratorio de Física Atómica y Molecular	Fri. 29/10/2021 12:00-13:30		1.5
L.Y3	Laboratorio de Física Atómica y Molecular	Fri. 29/10/2021 14:00-15:30		1.5

There will be no theory lectures during any of the laboratory sessions above.
Make-up laboratory sessions may be arranged upon duly justified case.

Syllabus

Atomic Physics (60% approx.)

1. **Introduction to many-electron atoms**
   - Handling of antisymmetric wavefunctions
     - Configurations, degeneracy, periodic system
   - Approximation methods
     - Statistical and Hartree methods. Variational methods (Hartree-Fock)
2. **Corrections to the central field approximation**
   - Electrostatic interaction. Electrostatic terms and their determination
     - Calculation of corrections due to electrostatic interaction
   - Spin-orbit interactions
     - Total angular momentum *J* and eigenstates. Calculation of spin-orbit constants
   - Russel-Saunders approximation
     - Limits to *LS* coupling
     - Other coupling models, *JJ* coupling, intermediate coupling, and their effects
3. **Atoms in external constant fields**
   - Magnetic fields. Zeeman and Paschen-Bach effects
4. **Emission and absorption of radiation by atoms**
   - Interaction with the electromagnetic field. Einstein coefficients and their calculation
   - Selection rules. Spectral lines.

Molecular Physics (40% approx.)

5. **Introduction to molecular structure**
   - Born-Oppenheimer approximation
   - Structure of diatomic molecules
   - Nuclear wave function. Vibrational and rotational states
   - Electronic wave function. Potential curves
6. **Emission and absorption of radiation by diatomic molecules**
   - Coupling of angular momenta

- Pure-rotational spectra
- Vibrational-rotational spectra
- Electronic transitions. Franck-Condon principle

7. Polyatomic molecules

- Molecular orbitals. Delocalization
- Rotational and vibrational states
- Spectroscopy

Bibliography

Basic:

- B.H.Bransden, C.J.Joachain, *Physics of atoms and molecules* (Pearson)
- I.I.Sobelman, *Atomic Spectra and Radiative Transitions* (Springer Verlag)
- G.K.Woodgate, *Elementary atomic structure* (McGraw Hill)
- P.W. Atkins, *Molecular Quantum Mechanics* (Oxford Univ. Press)
- F. Blanco Ramos, *Introducción a la Física de Átomos y Moléculas* (Amazon)

Complementary:

- H.G.Kuhn, *Atomic Spectroscopy* (Academic Press)
- A.P. Thorne, *Spectrophysics* (Chapman and Hall)
- B.W. Shore and D.H. Menzel, *Principles of Atomic Spectra* (John Wiley)
- R.D.Cowan, *The theory of atomic structure and spectra* (Univ. California Press)
- I.N. Levine, *Espectroscopía molecular* (Ed. AC, D.L.)
- C. Sánchez del Río, *Introducción a la teoría del átomo* (Ed. Alhambra)

Online Resources

Online learning resources and materials will be provided via the virtual campus.

Methodology

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

Theory lectures will be carried out using blackboard and computer presentations. The theoretical concepts explained will be reinforced with the solution to problems and exercises interspersed during the classes. The participation of the students in these exercises will be encouraged, and they may be requested to hand them in after the lecture.

After each subject-matter is covered, a problem set will be delivered that will be solved completely or will come with partial indications so that the students can carry them out by themselves.

There will be two numerical calculation practices in the computer room and two experimental laboratory practices. All the four practices are mandatory.

Depending on the number of students enrolled, they may present to the class on topics relevant to the course contents. This activity may be carried out in groups or individually.

Semi-online teaching (Scenario 1)

Modality A. Theory and problem-solving lectures, as well as the numerical calculation sessions, will be broadcast live so that students who cannot go to the classroom or computer room can follow them remotely. Recordings of all lectures and sessions will be made available on the Virtual Campus.

Explanatory videos of the laboratory practices will be made available on the Virtual Campus along with other supporting materials. Students must view the video of each practice before doing it individually in the laboratory. In addition, sets of measurements will be provided for those laboratory practices that cannot be carried out totally in person.

Online teaching (Scenario 2)
The theory lectures and exercise sessions will be broadcasted, recorded and will be available on the Virtual Campus. Student participation through the discussion of problems and clarification of doubts will be encouraged during class hours. The laboratory and practical sessions will be carried out virtually. To this purpose, explanatory videos of the experiences will be made available on the Virtual Campus along with other supporting materials and sets of measurements.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	60%
A final exam that consists of solving exercises of similar difficulty to those worked out during the course. The students will be allowed to consult their own notes during the exam.		
Other Activities	**Weight:**	40%
Four practices, whose completion is mandatory to pass the course, and two assignments, one for each part of the course.		
Final Mark		
The final exam will include two parts, one corresponding to atomic physics, another one to molecular physics, that will be assessed separately. A mark lower than 3.5 over 10 in any of the two parts will be assigned as the final mark for the course, regardless of the rest of the marks. The marks of each part of the exam in the ordinary call may be kept for the extraordinary call. The four compulsory practices will contribute to the final mark with a weight of 30% of the total. If any of them are not done, the final mark for the course will be 0. The two assignments will contribute to the final mark with a weight of 10%. They will not be compulsory to pass the course but, if not delivered, they will be scored as 0, maintaining the indicated weight of 10%.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

Classical Electrodynamics	**Code**	800525	**Year**	4º	**Sem.**	1º

Module	Fundamental Physics	**Topic**	Compulsory in Fundamental Physics	**Character**	Obligatory

	Total	**Theory**	**Exercises**
ECTS Credits	6	4	2
Semester hours	43	28.5	14.5

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

- To master concepts as gauge invariance and Lorentz transformation of electromagnetic fields
- To understand the Lagrangian and covariant formulation of electromagnetism
- To understand the movement of relativistic electric charges under Lorentz force and the resultant emission of radiation
- To solve problems of wave propagation and electromagnetic radiation emission

Brief description of contents

Special relativity and Maxwell equations; Lorentz force; potentials and gauge invariance; covariant and Lagrangian formulation of electromagnetism; conservation theorems; radiation of moving charges; multipolar expansion of the electromagnetic field.

Prerequisites

Maxwell equations; Lorentz force; basics of special relativity (space time structure, light cone, invariants, four vectors, Lorentz trasformations); Lagrange and Hamilton mechanics; basic notion of tensors.

Coordinator	Norbert M. Nemes		**Dept.**	FM
	Office	121	**e-mail**	nmnemes@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	3	Tu Th	14:00-15:30 14:00-15:30	Ignazio Scimemi	Whole semester	43	T/E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Ignazio Scimemi	Tu, We, Th 11.00-12.00 + 3h online	ignazios@ucm.es	Room 23, 2nd floor, West, FT

Syllabus

1. **Maxwell equations:** definitions, conservation laws, plane waves, electromagnetic pontentials
2. **Special relaltivity and Lorentz transformations:** Minkowski space time, Poincaré group and its transformations. Relativistic Dynamics.
3. **Classic Field Theory:** Transformation laws, variational principle, Noether Theorem, fields and particles, Hamiltonian formalism.
4. **Charged particles in electromagnetic fields:** particles in electromagnetic fields, point charges in constant electromagnetic fields, dipoles in constant electromagnetic fields, dynamics of electromagnetic fields
5. **Electromagnetic radiation:** radiation of a moving charge, radiation from reaction, multipolar radiation.

Bibliography

Basic:

- 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).
- Lecture notes of prof. I. Scimemi on Classical Field Theory (available on Virtual Campus)

Complementary:

- 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).

Online Resources

Relevant course materials will be made available online through the Virtual Campus

Methodology

On-campus teaching 100% (Scenario 0)

Theory and problem classes

Semi-online teaching (Scenario 1)

Classes will be given with the established schedule and only one of the two sub-group of the classes is allowed in the classroom. The rest of students will attend classes from remote. A rotation of the sub-group is assumed. The online classes are transmitted with Google Meet or similar devices available in the Faculty. The classes can use slides, electronic blackboard, traditional blackboard. There exists the possibility that some material is pre-registered and successively put available to students by the Virtual Campus. In the latter case classes are mainly devoted to problem resolution, practical sessions etc. It is possible to use videos of the subject from internet as support for classes.

Online teaching (Scenario 2)

The class material is provided through the Virtual Campus including the content and problems to be discussed in the course. Online session will be done with Google Meet or similar devices available in the Faculty. Online session will be announced in advance in the Virtual Campus. The content of classes can include theory and problem resolution. It is possible to show videos from internet to support classes.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
Final Exam		
Other Activities	**Weight:**	30%
Other activity include: Resolution of problems, participation to classes, seminars, tutorship assistance, oral presentations of homeworks		
Final Mark		
If the mark of the final exam is less or equal to 3.5/10, that will be the final mark. In any case the final mark will not be inferior to the one obtained in the final exam. The final mark is calculated in the same way in all exam sessions.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2021-22**)

Photonics			**Code**	800526	**Year**	4th	**Sem.**	1st
Module	Applied Physics	**Topic**	Obligatory of Applied Physics		**Character**	Optional		

	Total	**Theory**	**Exercises/Lab**
ECTS Credits	6	4.2	1.8
Semester hours	43	30	10 | 3

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

- *Know the fundamentals of Photonics.*
- *Understand and manage the phenomena associated with anisotropy and polarization: birefringence, dichroism, etc.*
- *Understand the processes and devices involved in the emission and radiation of light*

Brief description of contents

Light propagation in matter; birefringence, dichroism and phenomena associated with polarization; radiation emitters and detectors; introduction to laser; photonic devices.

Prerequisites

It is recomended to have taken the subject of Optics, Electromagnetism II and the Laboratory of Physics III.

Coordinator	Oscar Martinez Matos		**Dept.**	Optics
	Office	O1-D20	**e-mail**	omartine@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	7	Tu,Th	14:00-15:30	Laura Martinez Maestro	Whole semester	40	T	Optics

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Laura Martinez Maestro	Mo: 10:00-12:00 Th: 15:00-17:00 Fr: 15:00-17:00	Lauram40@ucm.es	O1-D14

Teaching Labs – Schedule and Teaching Staff					
Group	**Lecture Room**	**Sessions**	**Professor**	**Hours**	**Dept.**
L2	205.A	Tu 14/12/2021; 14:00-15:30 Th 16/12/2021; 14:00-15:30	Laura Martinez Maestro	30	Optics

Syllabus

• Introduction.

• Propagation and interaction of light in material media:

- Measurable parameters.
- Temporary dispersion. Kramers-Krönig relations.
- Anisotropic media. Birefringence and dichroism. Applications (phase shifting films and polarizers).
- Optically active media.
- Induced anisotropies: Faraday Effect, Spatial Light Modulators, etc.
- Non-linear optics effects: Optical Kerr effect.

• Waveguides and optical fibers: modes, propagation speed, dispersion, attenuation.

• Emitters and radiation properties:

- Spontaneous and stimulated emission.
- Spectral line profile.
- Types of light sources.
- Statistics of photons in types of laser, thermal, quantum radiation.
- The laser: Equations of balance, gain, threshold, resonators, types of lasers.

• Photodetectors: Types and characteristics.

Bibliography

- 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.

Online Resources

- The teaching material (notes, presentations, videos, links, etc.) used in the classes of theory and practices will be available on the Virtual Campus.

- The tutorials can be carried out by videoconference, through the Virtual Campus of the subject, by email or through any other procedure, prior communication to the teacher or professor.

Methodology
On-campus teaching 100% (Scenario 0)
• Theory lessons where the main concepts of the subject will be explained, including examples and applications. • Practical classes of problems and directed activities. • Seminars on current topics. • Laboratory experiments. • Specialized works on specific topics will be proposed to be carried out in a group or individually. • Exams from previous calls will be provided. • Series of problem statements will be provided in advance of their resolution in class. Likewise, the delivery of resolved problems will be promoted. • A bibliography available in the Faculty Library will be provided. • The Virtual Campus will be used.

Semi-online teaching (Scenario 1)
THEORETICAL-PRACTICAL CLASSES IN THE CLASSROOM Classes will be taught in the usual regime, attending in person only one of the student subgroups. The rest of the students will follow the class remotely, rotating weekly each in person subgroup. The class will be taught according to Modality A. The class can be followed remotely in real time through available Internet resources. In addition, additional material will be uploaded to the Virtual Campus such as notes, slides, exercises, etc. Likewise, classes could be recorded so that they are available on the Virtual campus. TUTORIALS: They can be done in person, through videoconference or the Virtual Campus of the subject, by email or through any other appropriate procedure, prior communication to the professor. PRACTICAL CLASSES IN THE LABORATORY All students will be able to do two practices in person and individually.

Online teaching (Scenario 2)
THEORETICAL-PRACTICAL CLASSES Support material will be posted on the Virtual Campus to facilitate remote monitoring of the teaching. Classes will be taught during the official schedule through appropriate internet resources so that all students can follow the explanations virtually and make questions. The class may be synchronous or explanations recorded in advance will be uploaded. In the second case class time will be dedicated to clarifying concepts and solving doubts and exercises. They could also Classes should be recorded so that they are available on the Virtual campus. PRACTICAL CLASSES IN THE LABORATORY The two practices would be done at home using demonstration videos of the same, as well as data provided by teachers and additional explanations if necessary. TUTORIALS: They may be carried out by videoconference, through the Virtual Campus of the subject, by email or through any other appropriate procedure, prior communication to the professor.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
Mandatory final exam		
Other Activities	**Weight:**	30%
The following activities will be valued: -Delivery of proposed problems. -Possible exercises of short duration carried out during class hours and which will be online presence is not possible. -Laboratory practices. There will be two laboratory practices at the end of the semester of individually as already indicated. - Other activities		
Final Mark		
A = Final exam grade on a scale of 0-10 B = Score of other evaluation activities on a scale of 0-10 The final grade C will be the maximum between the continuous assessment grade, C = 0.7 A + 0.3 B, and the final exam grade, C = A. Only the percentages of the continuous evaluation can be applied when the A grade is equal to or greater than 4.5. To pass the course it will be necessary to obtain a final grade equal to or greater than C = 5. The qualification of the extraordinary call will be obtained following the same procedure of evaluation.		

10. Prácticas/Tutorías y TFGs

Grado en Física (curso 2021-22)

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 y Relaciones Externas (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 de defensa.

Las actividades formativas correspondientes a las PE se realizarán en las empresas o instituciones externas cumpliendo con las medidas de seguridad dictadas por las autoridades sanitarias y por la propia empresa o institución externa. Si la UCM lo requiere, las empresas deberán firmar el anexo de responsabilidad COVID-19 antes del inicio de las prácticas. Si las condiciones de salud pública impidiesen la realización de actividades presenciales, las PE se adaptarán a las condiciones de trabajo que la empresa o institución externa estipule (teletrabajo, reducción de horas de las PE, ...), garantizando en todos los casos la adquisición de las competencias y resultados de aprendizaje mínimos previstos. El anexo del estudiante deberá modificarse para recoger esta adaptación y será revisado por el coordinador de la PE.

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 para 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.

En caso de que las actividades previstas en Tutorías no puedan realizarse de manera 100% presencial, se preparará material explicativo (vídeos y/o presentaciones con audio) de los seminarios planteados en cada asignatura que se pondrán a disposición de los alumnos en el Espacio de Coordinación Transversal de los Alumnos Tutores. Además, se impartirán clases de dudas y/o seminarios para resolver las dudas que los estudiantes pudieran tener a través de Google Meet o Microsoft Teams. Dichas modificaciones serán aprobadas por el coordinador de la asignatura que los alumnos tutorizan.

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 realizado 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, 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 y Prácticas, quien lo remitirá a Secretaría de Alumnos para proceder a la matrícula. Aquellos alumnos que finalicen la titulación, o que deseen solicitar algún tipo de beca o ayuda en la que se les requiera la matrícula de un curso completo, deberán matricular 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. 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, por ejemplo en el caso de alumnos que no cumplieran la condición relativa al número de créditos en el primer semestre pero sí en el segundo.

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 además un informe detallado, cuyas características establecerá el tribunal evaluador, sobre el trabajo realizado. **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 2021-22)

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	Secretario Académico de la Facultad	secfis@ucm.es

Recursos en internet

https://fisicas.ucm.es/tfg-gradofisica

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.

En caso de que las actividades previstas en el TFG incluyan trabajo experimental en instalaciones de la Facultad, éstas deberán realizarse cumpliendo con las medidas de seguridad dictadas por las autoridades sanitarias. Si las condiciones de salud pública impidiesen la realización de dichas actividades presenciales, los tutores deberán adaptar la ficha o plan de trabajo para garantizar la adquisición de competencias cumpliendo con las restricciones sanitarias, informando al alumno de los cambios realizados con tiempo suficiente. Dichas modificaciones serán aprobadas por el coordinador de la asignatura Trabajo Fin de Grado y el coordinador del Grado.

Más información:

https://fisicas.ucm.es/data/cont/docs/18-2021-03-25-Normas%20e%20instrucciones_TFG_2020-21_v2.pdf

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…).

Composición de los tribunales para Trabajos Fin de Grado que actuarán en cada departamento

Dpto.	Miembros internos		Miembro externo
ACyA			
ETE1			
ETE2			
ETE3			
ETE4			
FM1			
FM2			
FM3			
FTA1			
FTA2			
FTA3			
FTe1			
FTe2			
FTe3			
FTe4			
Opt1			
Opt2			

11. Calendario Académico

Periodos de clases y exámenes	
Clases primer semestre:	Del 6 de septiembre al 17 de diciembre de 2021
Exámenes primer semestre (diciembre-enero):	Del 20 al 22 de diciembre de 2021 y del 10 al 21 de enero de 2022
Clases segundo semestre:	Del 24 de enero al 7 de abril de 2022 y del 19 de abril al 10 de mayo de 2022
Exámenes segundo semestre (mayo):	del 11 al 31 de mayo de 2022
Exámenes convocatoria extraordinaria (junio-julio)	del 13 de junio al 1 de julio de 2022

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	Todos los Santos
9 de noviembre	Nuestra Señora de la Almudena
15 de noviembre	San Alberto Magno
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
8 de diciembre	Inmaculada Concepción
28 de enero	Santo Tomás de Aquino
2 de mayo	Fiesta de la Comunidad de Madrid
16 de mayo	Traslado de festividad de San Isidro
Del 23 de diciembre al 9 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 8 al 18 de abril	Vacaciones de Semana Santa
Del 18 de julio al 31 de agosto	Vacaciones de verano

Calendario basado en el aprobado por la comisión permanente del Consejo de Gobierno de la UCM el 11/03/21, que no incluye información del calendario laboral e incluye los festivos del 2022 (https://www.ucm.es/calendarios).

Con este calendario, la distribución de días lectivos por semestre y día de la semana resulta ser el reflejado en la tabla de la derecha.

Viernes 17/12/21 y martes 10/5/22 serán para recuperación de clases, según procemiento a precisar.

	L	M	X	J	V	dias
S1	12	12	14	15	15	67
S2	13	15	14	14	12	66

Facultad de Ciencias Físicas
Calendario académico del curso 2021-22
(aprobado en Junta de Facultad del 25/03/2021)

Septiembre

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

Octubre

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

Noviembre

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

2021

Diciembre

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

2022

Enero

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

Febrero

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

Marzo

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

Abril

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

Mayo

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

Junio

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

Julio

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

Agosto

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

clases semestre 1 — clases semestre 2 — parciales de 1º

exámenes — lectura TFGs — entrega de actas — x no lectivos

Las actas extraordinarias de Prácticas de Master y TFM se entregarán en septiembre.

[Posibles fechas de 2022 modificadas tras la publicación de festivos de ese año en el BOCM].

Clases: S1: 6septiembre-17diciembre. S2: 24enero-10mayo

17 recuperación L y M

10 recuperación V y L

(procedimiento a precisar)

Exámenes semestre 1: 20diciembre-21enero

Exámenes semestre 2: 11-31 de mayo

Extraordinarios: 13junio-1julio

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

12. Cuadros Horarios del Grado en Física

Grupos de mañana de 1º del Grado en Física 21-22

(aulas para docencia al 100%)

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO A — Aula 2

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	FFísica I	FFísica I		FFísica I	FFísica I
9:30					
10:00			LCC A (Aul.Inf.)		
10:30	Matems	Matems		Matems	Matems
11:00					
11:30					
12:00	LCC (A)	Química		Química	Química
12:30					
13:00					
13:30					
14:00	LCC A (Aul.Inf.)				
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					

Inglés

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO B — Aula 3

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00			Matems	Matems	Matems
9:30		Química			
10:00					
10:30					
11:00		FFísica I	Química	FFísica I	FFísica I
11:30					
12:00	LCC B (Aul.Inf.)				
12:30					
13:00		LCC (B)			
13:30					
14:00				LCC B (Aul.Inf.)	
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO C — Aula 1

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00		Matems	Matems		
9:30	Matems		Química	Química	
10:00					
10:30					
11:00		FFísica I	FFísica I	FFísica I	
11:30	FFísica I		Matems		
12:00					LCC C (Aul.Inf.)
12:30					
13:00				LCC (C)	
13:30					
14:00		LCC C (Aul.Inf.)			
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO A — Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	FFísica II	FFísica II	FFísica II	Álgebra	
9:30					
10:00					
10:30	Álgebra	LFI (A)	Álgebra		
11:00				FFísica II	
11:30					
12:00	Cálculo	Cálculo	Cálculo		
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00	LabFís I (A o F)				
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					

Horas para recuperar clases por limitación de calendario
(previa reserva de los profesores afectados)

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO B — Aula 2

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00		Álgebra	Álgebra		FFísica II
9:30				Cálculo	
10:00					
10:30		Cálculo			
11:00			Cálculo	FFísica II	Álgebra
11:30					
12:00		FFísica II			
12:30					
13:00				LFI (B)	
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					
15:30		LabFis I (B)			
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO C — Aula 3

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					FFísica II
9:30				Álgebra	
10:00	Cálculo	Cálculo			
10:30					
11:00				FFísica II	Cálculo
11:30	Álgebra				
12:00		FFísica II			
12:30					Álgebra
13:00				LFI (C)	
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					LabFís I (C o D)
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					

Grupos de tarde de 1º del Grado en Física 21-22

(aulas para docencia al 100%)

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO D — Aula 1

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00	LCC D (Aul.Inf.)				
10:30					
11:00					
11:30					
12:00			LCC D (Aul.Inf.)		
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00	FFísica I	FFísica I	FFísica I	FFísica I	
15:30					
16:00					
16:30	Matems	Matems	Matems	Matems	
17:00					
17:30					
18:00	Química	Química	LCC (D)	Química	
18:30					
19:00					

Horas para recuperar clases
por limitación de calendario
(previa reserva de los profesores)

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO D — Aula 2

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
11:00			LabFís I (D o C)		
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30	FFísica II				
15:00		FFísica II		FFísica II	
15:30			FFísica II		
16:00	Álgebra				
16:30		Álgebra		LFI (D)	
17:00			Álgebra		
17:30	Cálculo				
18:00		Cálculo		Cálculo	
18:30					
19:00					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO E — Aula M3

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00		LCC E (Aul.Inf.)			
10:30					
11:00					
11:30				LCC E (Aul.Inf.)	
12:00					
12:30					
13:00					
13:30		LCC (E)			
14:00					
14:30	FFísica I	FFísica I	FFísica I	FFísica I	
15:00					
15:30					
16:00	Química	Matems	Química	Química	
16:30					
17:00	Matems		Matems		
17:30					
18:00					
18:30					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO E — Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:30		LabFis I (E)			
10:00					
10:30					
11:00					
11:30				aula 11	
12:00				LFI (E)	
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30	FFísica II	FFísica II	FFísica II	FFísica II	
15:00					
15:30					
16:00	Álgebra	Álgebra	Álgebra	Cálculo	
16:30					
17:00					
17:30		Cálculo	Cálculo		
18:00					
18:30					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO F — Aula 2

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00					LCC F (Aul.Inf.)
10:30					
11:00					
11:30					
12:00		LCC F (Aul.Inf.)			
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00		Matems	Matems	Matems	Matems
15:30					
16:00					
16:30		LCC (F)	Química	Química	Química
17:00					
17:30		FFísica I		FFísica I	FFísica I
18:00			FFísica I		
18:30					
19:00					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO F — Aula M3

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:30					LabFís I. (F o A)
11:00					
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00				FFísica II	
15:30		Cálculo	LFI (F)		Cálculo
16:00				Cálculo	
16:30		FFísica II	FFísica II		
17:00					FFísica II
17:30				Álgebra	
18:00		Álgebra	Álgebra		
18:30					
19:00					

Grupos de mañana de 2º del Grado en Física 21-22

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO A — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Mecánica Clásica	Electrom I	Electrom I	Electrom I	Mecánica Clásica
9:30					
10:00			Termo		
10:30	Termo	Termo		Mecánica Clásica	
11:00					Métodos Mat. I
11:30					
12:00	LbF II 2sem	LbF II 2sem	Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	
12:30					
13:00					
13:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO B — Aula 10 (Inglés)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Termo	Termo	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica	Termo
9:30					
10:00					
10:30	Mecánica Clásica	Electrom I	Electrom I	Electrom I	
11:00					Métodos Mat. I
11:30					
12:00	LbF II 2sem	Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	LbF II 2sem	
12:30					
13:00					
13:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO E — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Termo	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica		Electrom I
9:30					
10:00					
10:30		Termo	Termo		Mecánica Clásica
11:00	Mt. Mat. I (LFII 2s)				
11:30					
12:00		Métodos Mat. I	Electrom I		
12:30	Electrom I				LbF II 2sem
13:00			Métodos Mat. I		
13:30					
14:00					
14:30					

Desde la 3ª semana (20 sp). Antes LbFII de 11 a 12 y las otras 1h después.

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO A — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Optica	Optica		Optica	
9:30					
10:00			Métodos Mat. II		
10:30	Física Cuánt. I	Física Cuánt. I			
11:00				Física Cuánt. I	
11:30					
12:00	Electrom II	LbF II 3sem	Electrom II	Métodos Mat. II	
12:30					
13:00					
13:30					
14:00	LbF II 3sem				
14:30					

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO B — Aula 7

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Física Cuánt. I	Física Cuánt. I		LbF II 3sem	Física Cuánt. I
9:30					
10:00				Métodos Mat. II	
10:30	Optica	Optica			Optica
11:00					
11:30					
12:00	Métodos Mat. II	Electrom II		Electrom II	LbF II 3sem
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO E — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Electrom II	Electrom II	Electrom II		Física Cuánt. I
9:30					
10:00		Física Cuánt. I			
10:30	Métodos Mat. II		Métodos Mat. II		
11:00					Métodos Mat. II
11:30					
12:00	LbF II 3sem	Optica	Optica		Optica
12:30					
13:00					
13:30			LbF II 3sem		
14:00					
14:30					

Los horarios del Laboratorio de Física II no se detallan aquí por no tener regularidad semanal, se describen en la ficha de la asignatura.

Grupos de tarde de 2º del Grado en Física 21-22

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO C — Aula 10

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
14:00					LbF II 2sem
14:30	LF II 2s				
15:00	Mecánica Clásica	Electrom I	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica	Electrom I
15:30					
16:00					
16:30	Termo	Termo	Métodos Mat. I	Termo	Métodos Mat. I
17:00					
17:30					
18:00					
18:30				Electrom I	
19:00					
19:30					

Desde la 3ª semana (20 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	LbF II 2sem				
15:00		Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	Termo
15:30					
16:00	Termo	Termo			
16:30			Mecánica Clásica	Electrom I	
17:00					Mecánica Clásica
17:30	Mecánica Clásica	Electrom I			
18:00				LbF II 2sem	
18:30			Electrom I		
19:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO C — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
13:30				LbF II 3sem	
14:00		LbF II 3sem			
14:30					
15:00	Optica	Optica	Física Cuánt. I	Optica	Métodos Mat. II
15:30					
16:00					Física Cuánt. I
16:30	Métodos Mat. II			Electrom II	
17:00		Electrom II	Métodos Mat. II		
17:30					
18:00					
18:30					
19:00					

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO D — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
13:30					
14:00					
14:30			Optica		Optica
15:00	Electrom II	Métodos Mat. II			
15:30				Física Cuánt. I	
16:00			Electrom II		
16:30		Física Cuánt. I			Métodos Mat. II
17:00	Física Cuánt. I			Métodos Mat. II	
17:30		Optica			LbF II 3sem
18:00			LbF II 3sem		
18:30					
19:00					

Los horarios del Laboratorio de Física II, sin regularidad semanal, no se detallan aquí. Ver la ficha de la asginatura.

Horarios de 3º del Grado en Física 21-22

1er SEMESTRE — Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F.Estad. A	F. Cuánt. II A	LbF III (A) 3sem	F. Cuánt. II A	Astrofísica (A)
9:30					
10:00					
10:30			F.Estad. A		Fís. Comp. (A)
11:00	Astrofísica (D)	Astrofísica (A)		Astrofísica (D)	
11:30					
12:00					Ha. Física (A)
12:30		Ha. Física (A)	Fís. Comp. (A)		
13:00					
13:30	Astrofísica (B)				Astrofísica (B)
14:00					
14:30					
15:00	Fís. Comp. (B)	F. Cuánt. II C	F.Estad. C	F. Cuánt. II C	F.Estad. C
15:30					
16:00					
16:30	LbF III (A) 3sem				
17:00		Astrofísica (C)	Fís. Comp. (B)	Astrofísica (C)	Fís. Mater. (C)
17:30					
18:00					
18:30					
19:00					

1er SEMESTRE — Aula 7 (Lb CD en a2)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F.Estad. B		F.Estad. B		Fís. Mater. (A)
9:30				LbF III (B) 3sem	
10:00	F. Cuánt. II B	F.Estad. B			
10:30			F. Cuánt. II B		
11:00	Mec. Med. Cont.	Fís. Mater. (A)		F. Cuánt. II B	
11:30					
12:00			LbF III (B) 3sem		
12:30				Mec. Med. Co.	
13:00					
13:30		LbF III (C) 3sem	LbF III (D) 3sem	LF3 C 3sem	LbF III (D) 3sem
14:00					
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					
19:00					

1er SEMESTRE — Aula 5

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30					
10:00					
10:30					
11:00					
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00		Fís. Mater. (B)	Ha. Física (B)	Fís. Mater. (B)	
14:30					
15:00	Ha. Física (B)				
15:30		F.Estad. E	F. Cuánt. II D	F.Estad. E	F. Cuánt. II D
16:00					
16:30	F. Cuánt. II E				
17:00					
17:30	Fís. Mater. (C)	F. Cuánt. II E	F.Estad. D	F. Cuánt. II E	F.Estad. D
18:00					
18:30					
19:00					

2o SEMESTRE — Aula 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Estr. Mater. A	Termo.NE (A)	Estr. Mater. A	Termo.NE (A)	Estr. Mater. A
9:30					
10:00			GDyCT (A)		
10:30	GDyCT (A)	Mc.Cuant. (A)		Mc.Cuant. (A)	GDyCT (C)
11:00					
11:30			Termo.NE (C)		
12:00					
12:30	F. Est. Sólido A	GDyCT (C)		F. Est. Sólido A	Termo.NE (C)
13:00			Mc.Cuant. (C)		
13:30		GDyCT (B)			Mc.Cuant. (C)
14:00					
14:30			F. Est. Sólido D		
15:00					
15:30	F. Est. Sólido D	Estr. Mater. D		Estr. Mater. D	GDyCT (B)
16:00					
16:30			Termo.NE (D)		
17:00	Termo.NE (D)	Mc.Cuant. (D)		Mc.Cuant. (D)	
17:30					
18:00					
18:30					
19:00					

grupos B de obligatorias en inglés

2o SEMESTRE — Aula 7

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30					
10:00					
10:30					
11:00					
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30			Estr. Mater. B	F. Est. Sólido B	
15:00					
15:30	Estr. Mater. B	F. Est. Sólido B			
16:00					
16:30			Mc.Quant. (B)	Termo.NE (B)	
17:00	Mc.Quant. (B)	Termo.NE (B)			
17:30					
18:00					
18:30					
19:00					

2o SEMESTRE — Aula 10

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F. Est. Sólido C	F. Atmosf. (A)	F. Est. Sólido C	F. Atmosf. (A)	F. Est. Sólido C
9:30					
10:00			Estr. Mater. C		
10:30	Estad. A.D. (A)	F.Tierra (A)		F.Tierra (A)	Estr. Mater. C
11:00					
11:30					
12:00		Instr. Electr.		Instr. Electr.	
12:30					
13:00	Estr. Mater. E				
13:30		F. Est. Sólido E			F. Est. Sólido E
14:00			Estr. Mater. E		
14:30					
15:00				F. Atmosf. (C)	
15:30	F.Tierra (C)	F. Atmosf. (C)			Estad. A.D. (B)
16:00					
16:30			F. Atmosf. (B)	F.Tierra (B)	
17:00	F. Atmosf. (B)	F.Tierra (B)			
17:30					
18:00			F.Tierra (C)		
18:30					
19:00					

Horarios de 4º del Grado en Física 2021-22

Materias Orientación Fundamental

1er SEMESTRE — **Aulas: 8 mañana / 3 tarde**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09:00	Campos Cuánticos (A)	Relatividad G. y Gravit. (A)	Electrodin Clásica (A)	Relatividad G. y Gravit. (A)	Campos Cuánticos (A)
09:30					
10:00					
10:30	F.Atom y Molec (A)	Simetrías y Grupos en F.	F.Atom y Molec (A)	Simetrías y Grupos en F.	Electrodin Clásica (A)
11:00					
11:30					
12:00	Electrodin Clásica (C)	F.Atom y Molec (C)	Relatividad G. y Gravit. (B)	F.Atom y Molec (C)	Electrodin Clásica (C)
12:30					
13:00					
13:30					
14:00	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	Relatividad G. y Gravit. (B)
14:30					
15:00					
15:30	Astrofísica Estelar	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica
16:00					
16:30					
17:00	Astronomía Observac.	Física Nuclear (B)	Astrofísica Estelar	Física Nuclear (B)	F.Atom y Molec (D)
17:30					
18:00					
18:30	Electrodin Clásica (D)	F.Atom y Molec (D)	Astronomía Observac.	Electrodin Clásica (D)	
19:00					
19:30					

2o SEMESTRE — **Aula 1**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09:00	Coherencia Óp. y Láser	T. Fase y Fenom. Críticos	Coherencia Óp. y Láser	T. Fase y Fenom. Críticos	
09:30					
10:00					
10:30	Astrofísica Extragal. (A)	Física de la Materia Condensada	Plasmas y Procesos Atómicos	Física de la Materia Condensada	Plasmas y Procesos Atómicos
11:00					
11:30					
12:00	Cosmología (A)	Partículas Elementales (A)	Cosmología (A)	Astrofísica Extragal. (A)	Partículas Elementales (A)
12:30					
13:00					
13:30					
14:00		Cosmología (B)		Cosmología (B)	
14:30	Partículas Elem. (B)		Partículas Elem. (B)		
15:00					
15:30		Astrofísica Extrag. (B)		Astrofísica Extrag. (B)	
16:00					
16:30					

grupos B de obligatorias en inglés
[excepto Electrónica Físca (B)]

1er SEMESTRE (grupos adicionales)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
12:00	a19	a4A	a19	a4A	
12:30	Física Nuclear (A)	Campos Cuánticos (B)	Física Nuclear (A)	Campos Cuánticos (B)	
13:00					
13:30					
14:00					

Materias Orientación Aplicada

1er SEMESTRE — **Aulas: 5 mañana / 7 tarde**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09:00	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido	Fundam. de Meteorol.	Fenóm. de Transporte (aul. inf.)	Fundam. de Meteorol.	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido
09:30					
10:00					
10:30	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fenóm. de Transporte (aul. inf.)
11:00					
11:30					
12:00	Electr. Analógica y Digital	Geomag. y Gravimetría	Props. Fís. de los Materiales	Geomag. y Gravimetría	Props. Fís. de los Materiales
12:30					
13:00					
13:30					
14:00	Sists. Dinámicos y Realim.	Fotónica (B)	Electr. Analógica y Digital	Fotónica (B)	Fotónica (C)
14:30					
15:00					
15:30	Fotónica (C)	Electrónica Física (B)	Sists. Dinámicos y Realim.	Electrónica Física (B)	
16:00					
16:30					
17:00					

2o SEMESTRE — **Aula 5**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09:00	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	
09:30					
10:00					
10:30	Energía y Medio Ambiente	Disp. de Instrum. Óptica	Bases F. Cambio Climático	Disp. de Instrum. Óptica	Bases F. Cambio Climático
11:00					
11:30					
12:00	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Energía y Medio Ambiente
12:30					
13:00					
13:30	Geofísica y Meteor. Apl.		Geofísica y Meteor. Apl.		
14:00					
14:30					
15:00					

13. Horarios Doble Grado 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 dos 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.

En lo que sigue se detallan los horarios recomendados y disponibles para optimizar la compatibilidad con los estudios del grado en Matemáticas. Cuando se indican asignaturas del grado en Matemáticas, se hace a modo meramente informativo, dado que el detalle y responsabilidad de esos horarios corresponde a la facultad de Matemáticas.

Horarios de 1º compatibles con Doble Grado 21/22

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO B

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30					
10:00					
10:30					
11:00		FFísica I		FFísica I	FFísica I
11:30					
12:00	LCC B (Aul.Inf.)				
12:30					
13:00		LCC (B)			
13:30					
14:00					
14:30				LCC B (Aul.Inf.)	
15:00					
15:30					
16:00					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO C

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30					
10:00					
10:30					
11:00		FFísica I		FFísica I	
11:30	FFísica I				
12:00					LCC C (Aul.Inf.)
12:30					
13:00				LCC (C)	
13:30					
14:00					
14:30		LCC C (Aul.Inf.)			
15:00					
15:30					
16:00					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO E

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00		LCC E (Aul.Inf.)			
10:30					
11:00					
11:30				LCC E (Aul.Inf.)	
12:00					
12:30					
13:00					
13:30		LCC (E)			
14:00					
14:30	FFísica I	FFísica I	FFísica I	FFísica I	
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					

grupo en inglés

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO B

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					FFísica II
9:30					
10:00					
10:30					
11:00				FFísica II	
11:30					
12:00		FFísica II			
12:30					
13:00				LFI (B)	
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					
15:30		LabFis I (B)			
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO C

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					FFísica II
9:30					
10:00					
10:30					
11:00				FFísica II	
11:30					
12:00		FFísica II			
12:30					
13:00				LFI (C)	
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					LabFís I (CD)
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO E

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:30		LabFis I (E)			
10:00					
10:30					
11:00					
11:30					
12:00				LFI (E)	
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30	FFísica II	FFísica II	FFísica II	FFísica II	
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

Horarios de 2º compatibles con Doble Grado 21-22

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO A

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Mecánica Clásica	Electrom I	Electrom I	Electrom I	Mecánica Clásica
9:30					
10:00			Termo		
10:30	Termo	Termo		Mecánica Clásica	
11:00					
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO B (inglés)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Termo	Termo	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica	Termo
9:30					
10:00					
10:30	Mecánica Clásica	Electrom I		Electrom I	
11:00			Electrom I		
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO D

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					Termo
15:30					
16:00					
16:30	Termo	Termo			
17:00			Mecánica Clásica	Electrom I	
17:30	Mecánica Clásica				Mecánica Clásica
18:00		Electrom I			
18:30			Electrom I		
19:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO A

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Optica	Optica		Optica	
9:30					
10:00					
10:30	Física Cuánt. I	Física Cuánt. I			
11:00				Física Cuánt. I	
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					
15:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO B (inglés)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Física Cuánt. I	Física Cuánt. I			Física Cuánt. I
9:30					
10:00					Optica
10:30	Optica	Optica			
11:00					
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					
15:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO D

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30					
10:00					
10:30					
11:00					
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30			Optica		Optica
15:00					
15:30				Física Cuánt. I	
16:00					
16:30		Física Cuánt. I			
17:00	Física Cuánt. I				
17:30		Optica			
18:00					
18:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

3º Doble Grado Matemáticas/Física 21-22

1er SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F. Estad. A	F. Cuánt.II A	LbF III (A) 3sem	F. Cuánt.II A	geometría lineal
9:30					
10:00					
10:30			F. Estad. A	grupo A	LbF III Elcmgn 1er viernes
11:00	LbF II (E) 2sem				
11:30		geometría lineal			
12:00					LbF II 15-16
12:30	Geometría Lineal	anal. func. var. compl.			LFIIE 2sem
13:00				Geometría Lineal	
13:30	Anal. Func. Var. Compl.	Anal. Func. Var. Compl.	anal. func. var. compl.		
14:00				Anal. Func. Var. Compl.	LFIIC 2sem
14:30					
15:00	LbF II (C) 2sem				
15:30					
16:00					
16:30	LbF III (A) 3sem	LbF III (E15)	LbF III (E16)	LbF III (O8)	
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					
19:00					

1er SEMESTRE (B-inglés)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F.Estad. B	grupo B	F.Estad. B		geometría lineal
9:30		F.Estad. B		LbF III (B) 3sem	
10:00	F. Cuánt. II B				
10:30			F. Cuánt. II B	F. Cuánt. II B	LbF III Elcmgn 1er viernes
11:00	LbF II (E) 2sem				
11:30		geometría lineal			
12:00			LbFIII (B) 3sem		LbF II 15-16
12:30	Geometría Lineal	anal. func. var. compl.			LFIIE 2sem
13:00				Geometría Lineal	
13:30	Anal. Func. Var. Compl.	Anal. Func. Var. Compl.	anal. func. var. compl.		
14:00				Anal. Func. Var. Compl.	LFIIC 2sem
14:30					
15:00	LbF II (C) 2sem				
15:30					
16:00					
16:30		LbF III (E15)	LbF III (E16)	LbF III (O8)	
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					
19:00					

1er SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00			LbF III (A) 3sem		geometría lineal
9:30				LbF III (B) 3sem	
10:00					
10:30					LbF III Elcmgn 1er viernes
11:00	LbF II (E) 2sem				
11:30		geometría lineal			
12:00			LbFIII (B) 3sem		LbF II 15-16
12:30	Geometría Lineal	anal. func. var. compl.			LFIIE 2sem
13:00				Geometría Lineal	
13:30	Anal. Func. Var. Compl.	Anal. Func. Var. Compl.	anal. func. var. compl.		
14:00				Anal. Func. Var. Compl.	LFIIC 2sem
14:30					
15:00	LbF II (C) 2sem		grupo D		
15:30					
16:00					
16:30	LbF III (A) 3sem	LbF III (E15)	F .Cuánt. II D	LbF III (O8)	F .Cuánt. II D
17:00					
17:30			F. Estad. D		F. Estad. D
18:00					
18:30					
19:00					

única sesión al principio del semestre

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.

2o SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	T. Clásica EDP	T. Clásica EDP		geometría diferencial	geometría diferencial
9:30					
10:00	t. clásica EDP	Geometría Diferencial	t. clásica EDP	Geometría Diferencial	Geometría Diferencial
10:30					
11:00	Topología Elemental	topología elemental	Topología Elemental	topología elemental	Topología Elemental
11:30					
12:00	Electrom II (A)	LbF II (A) 3sem	Electrom II (A)	LbF II Elcmgn 1er jueves	
12:30					
13:00		(2º-GraFis)			
13:30				LbF II (C) 3sem	
14:00	LbF II (A) 3sem	LbF II (C) 3sem			
14:30			Estr.Mater. (B-ing)		
15:00	Estr.Mater. (B-ingl)	LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)			LbF II (L15-16)
15:30					
16:00					(ver en ficha días y horas)
16:30					
17:00	(3º-GraFis)	LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)			
17:30					
18:00					
18:30					

2o SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	T. Clásica EDP	T. Clásica EDP		geometría diferencial	geometría diferencial
9:30					
10:00	t. clásica EDP	Geometría Diferencial	t. clásica EDP	Geometría Diferencial	Geometría Diferencial
10:30					
11:00	Topología Elemental	topología elemental	Topología Elemental	topología elemental	Topología Elemental
11:30					
12:00	LbF II (E) 3sem	Electrom II (B-ingl)	(2º-GraFis)	Electr II (B-ingl)	LFII Elmg 1er J
12:30					
13:00					
13:30			LbF II (E) 3sem		LbF II (L15-16)
14:00					
14:30					
15:00		Estr. Mater. D		Estr. Mater. D	
15:30					(ver en ficha días y horas)
16:00					
16:30					
17:00		LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)		(3º-GraFis)	
17:30					
18:00					
18:30					

2o SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	T. Clásica EDP	T. Clásica EDP		geometría diferencial	geometría diferencial
9:30					
10:00	t. clásica EDP	Geometría Diferencial	t. clásica EDP	Geometría Diferencial	Geometría Diferencial
10:30					
11:00	Topología Elemental	topología elemental	Topología Elemental	topología elemental	Topología Elemental
11:30					
12:00				LbF II Elcmgn 1er jueves	
12:30					
13:00	Estr. Mater. E		(3º-GraFis)		
13:30				LbF II (C) 3sem	
14:00		LbF II (C) 3sem	Estr. Mater. E		
14:30					
15:00	Electrom II (D)	LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)			LbF II (L15-16)
15:30					
16:00					(ver en ficha días y horas)
16:30			Electrom II (D)		
17:00		LbF II-FQ (2 sesiones - ver la ficha)			
17:30					
18:00			(2º-GraFis)		
18:30					

4º y 5º Doble Grado 21-22

D.G. - Itinerario Física Fundamental

De Matemáticas para 4º y 5º (optativas)

	L	M	X	J	V
09:00 / 09:30	TMED	CALG	calg	tmed	calg
10:00 / 10:30	EAL	eal	EAL	eal	IO
11:00			tmed	CALG	io
11:30 / 12:00	IO				
12:00 / 12:30			TMED	io	
13:00 / 13:30	VDIF	vdif		VDIF	
14:00 / 14:30				vdif	
17:00 / 17:30	VDIF	vdif	VDIF	vdif	
18:00 / 18:30	TMED	tmed	TMED	tmed	
19:00 / 19:30	CALG	calg	CALG	calg	

	L	M	X	J	V
09:00 / 09:30	OPTI		OPTI	an1i	an2i
10:00 / 10:30	opti		opti	ANNU	ANNU
11:00 / 11:30				annu	

6 obligatorias de Física para 4º y 5º de Doble Grado (grupos B en inglés)

De 3º en Grado Física

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					Astrofísica (A)
11:00	Astrofísica (D)	Astrofísica (A)		Astrofísica (D)	
12:30		una asignatura 4 grupos para elegir			
13:30	Astrofísica (B)				Astrofísica (B)
15:30					+2obl +1opt de Mats
17:00		Astrofísica (C)		Astrofísica (C)	

SEMESTRE 2 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00	3, con 4 a elegir +2obl +1opt Mats				
11:30			Termo.NE (C)		
12:00	F.Est.Sól. A			F.Est.Sól. A	Termo.NE (C)
13:00			Mc.Cuant. (C)		Mc.Cuant. (C)
13:30		FES-E			
14:30			F. Est.Sól. D	F. Est.Sól. B	
15:00	F.E.S. D	F. Est.Sól. B			
16:30			McQ (B) / TNE (D)	Termo.NE (B)	
17:00	MQ (B) / TNE (D)	TNE (B) / MC (D)		MC (D)	

De 4º en Grado Física

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00			Electrodin Clásica (A)		
10:30	F.Atom y Molec (A)		F.Atom y Molec (A)		Electrodin Clásica (A)
12:00	Electrodin Clásica (C)	F.Atom y Molec (C)		F.Atom y Molec (C)	Electrodin Clásica (C)
13:30	dos asignaturas 4 grupos para elegir cada una				
14:00	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	
17:00					F.Atom y Molec (D)
18:30	Electrodin Clásica (D)	F.Atom y Molec (D)		Electrodin Clásica (D)	

SEMESTRE 2 Aula ...

Trabajos Fin de Grado

+5 optativas de itinerario
+1 optativa adicional entre 4º y 5º

+1obl+2opt Mats en 4º-5º

Optativas de Física para elegir entre 4º y 5º de Doble Grado

Asignaturas de 3º en Grado Física

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					Fís.Mater. (A)
11:00	Mc.Md. Cont.	Fís.Mater. (A)			
12:00					Ha.Física A
12:30		Ha.Física A		Mc.Md. Cont.	
14:00		Fís.Mater. (B)	Ha.Física B	Fís.Mater. (B)	
15:00	Ha.Física B				
17:00					Fís.Mater. (C)
17:30	Fís.Mater. (C)				

SEMESTRE 2 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00		F. Atmosf. (A)		F. Atmosf. (A)	
10:30		F.Tierra (A)		F.Tierra (A)	
12:00		Instr. Electr.		Instr. Electr.	
15:00	Fís.Tierra (C)			F. Atmosf. (C)	
16:30	F. Atmosf. (B)	Fís.Tierra (B)	F. Atmosf. (B)	Fís.Tierra (B)	
18:00		F. Atmosf. (C)	Fís.Tierra (C)		

Asignaturas de 4º en Grado Física

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido	Fundam. de Meteorol.	Fenóm. de Transporte (aul. inf.)	Fundam. de Meteorol.	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido
10:30	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fenóm. de Transporte (aul. inf.)
12:00	Electr. Analógica y Digital	Geomag. y Gravimetría	Props. Fís. de los Materiales	Geomag. y Gravimetría	Props. Fís. de los Materiales
14:00	Sists. Dinámicos y Realim.	Fotónica (B)	Electr. Analógica y Digital	Fotónica (B)	Fotónica (C)
15:30	Fotónica (C)	Electrónica Física (C)	Sists. Dinámicos y Realim.	Electrónica Física (C)	

SEMESTRE 2 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	
10:30	Energía y Medio Ambiente	Disp. de Instrum. Óptica	Meteor. Dinámica	Disp. de Instrum. Óptica	Meteor. Dinámica
12:00	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Energía y Medio Ambiente
13:30	Geofísica y Meteor. Apl.		Geofísica y Meteor. Apl.		

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Campos Cuánticos (A)	Relatividad G. y Gravit. (A)		Relatividad G. y Gravit. (A)	Campos Cuánticos (A)
12:00			Rel. G. y Gr. (B)		
12:30	FNc (A)	CCu (B)	FNc (A)	CCu (B)	
14:00					Relatividad G. y Gravit. (B)
15:30	Astrofísica Estelar	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica
17:00	Astronomía Observac.	Física Nuclear (B)	Astrofísica Estelar	Física Nuclear (B)	
18:30			Astronomía Observac.		

SEMESTRE 2 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Coherencia Óp. y Láser	T. Fase y Fenom. Críticos	Coherencia Óp. y Láser	T. Fase y Fenom. Críticos	
10:30	Astrofísica Extrag. (A)	Física Materia Condens.	Plamas y PA	Física Materia Condens.	Plamas y PA
12:00	Cosmología (A)	Partículas Elem. (A)	Cosmología (A)	Astrofísica Extrag. (A)	Partículas Elem. (A)
14:00		Cosmología (B)		Cosmología (B)	
14:30	Partículas Elem. (B)		Partículas Elem. (B)		
15:30		Astrofísica Extrag. (B)		Astrofísica Extrag. (B)	

5 optativas deben elegirse entre estas (6ª sin limitación, incluida Prácticas en Empresa/Tutorías)

D.G. - Itinerario Física Aplicada

De Matemáticas para 4º y 5º (optativas)

	L	M	X	J	V
09:00 / 09:30	TMED	CALG	calg	tmed	calg
10:00 / 10:30	EAL	EAL	eal	eal	IO
11:00			tmed	CALG	io
11:30 / 12:00	IO				
12:00 / 12:30			TMED	io	
13:00 / 13:30	VDIF	vdif		VDIF	
14:00 / 14:30				vdif	
17:00 / 17:30	VDIF	vdif	VDIF	vdif	
18:00 / 18:30	TMED	tmed	TMED	tmed	
19:00 / 19:30	CALG	calg	CALG	calg	

	L	M	X	J	V
09:00 / 09:30	OPTI		OPTI	an1i	an2i
10:00 / 10:30	opti		opti	ANNU	ANNU
11:00 / 11:30				annu	

De 3º en Grado Física

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					Fís.Mater. (A)
11:00		Fís.Mater. (A)			
12:30		una asignatura 3 grupos para elegir			
14:00		Fís.Mater. (B)		Fís.Mater. (B)	
17:00					Fís.Mater. (C)
17:30	Fís.Mater. (C)	+2obl +1opt de Mats			

SEMESTRE 2 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00		F. Atmosf. (A)		F. Atmosf. (A)	
10:30		Fís.Tierra (A)		Fís.Tierra (A)	
12:00	F. Est.Sól. A			F. Est.Sól. A	
13:00		3 con 3/4 grupos elegibles +2obl +1opt de Mats			
13:30					F.Est.Sól. E
14:00		FES-E			
14:30			F.Est.Sól. D	F.E.S. B	
15:00	FES D	F.E.S. B		FA (C)	
15:30	FT (C)	FA (C)			
16:30			F. Atmosf. (B)	Fís.Tierra (B)	
17:00	F. Atmosf. (B)	Fís.Tierra (B)			
18:00			Fís.Tierra (C)		

De 4º en Grado Física

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:30	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	
14:00		Fotónica (B)		Fotónica (B)	Fotónica (C)
15:30	Fotónica (C)	Electrónica Física (C)		Electrónica Física (C)	
17:30	dos asignaturas 2/3 grupos para elegir				

SEMESTRE 2 Aula ...

Trabajos Fin de Grado

+5 optativas de itinerario
+1 optativa adicional entre 4º y 5º

+1obl+2opt Mats en 4º-5º

Asignaturas de 3º en Grado Física (optativas)

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					Astrofísica (A)
11:00	McM Cont. / Astr (D)	Astrofísica (A)		Astrofísica (D)	
12:00					Ha.Física A
12:30		Ha.Física A		Mc.Md. Cont.	
13:30	Astrofísica (B)				Astrofísica (B)
14:00			Ha.Física B		
15:00	Ha.Física B				
17:00		Astrofísica (C)		Astrofísica (C)	

SEMESTRE 2 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00		Termo.NE (A)		Termo.NE (A)	
10:30		Mc.Cuant. (A)		Mc.Cuant. (A)	
11:30			Termo.NE (C)		
12:00		Instr. Electr.		Instr. Electr.	Termo.NE (C)
13:00			Mc.Cuant. (C)		
13:30					Mc.Cuant. (C)
16:30	Mc.Quant. (B) / TNE (D)	Termo.NE (B) / MC (D)	McQ (B) / TNE (D)	Termo.NE (B) / MC (D)	

Asignaturas de 4º en Grado Física (optativas)

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido	Termod. Atmósfera	Fenóm. de Transporte	Termod. Atmósfera	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido
10:30					Fenóm. de Transporte
12:00	Electr. Analógica y Digital	Geomag. y Gravimetría	Props. Fís. de los Materiales	Geomag. y Gravimetría	Props. Fís. de los Materiales
14:00	Sists. Dinámicos y Realim.		Electr. Analógica y Digital		
15:30			Sists. Dinámicos y Realim.		

SEMESTRE 2 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	
10:30	Energía y Medio Ambiente	Disp. de Instrum. Óptica	Bases F. Cambio Climático	Disp. de Instrum. Óptica	Bases F. Cambio Climático
12:00	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Energía y Medio Ambiente
13:30	Geofísica y Meteor. Apl.		Geofísica y Meteor. Apl.		

5 optativas deben elegirse entre estas (6ª sin limitación, incluida Prácticas en Empresa/Tutorías)

SEMESTRE 1 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Campos Cuánticos (A)	Relatividad G. y Gravit. (A)	Electrodin Clásica (A)	Relatividad G. y Gravit. (A)	Campos Cuánticos (A)
10:30	F.Atom y Molec (A)		F.Atom y Molec (A)		Electrodin Clásica (A)
12:00	ElectrodCl (C)	FAyM (C)	Rel. G. y Gr. (B)	FAyM (C)	Electrodin Clásica (C)
12:30	FNc (A)	CCu (B)	FNc (A)	CCu (B)	
14:00	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	Relatividad G. y Gravit. (B)
15:30	Astrofísica Estelar	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica
17:00	Astronomía Observac.	Física Nuclear (B)	Astrofísica Estelar	Física Nuclear (B)	F.Atom y Molec (D)
18:30	Electrodin Clásica (D)	F.Atom y Molec (D)	Astronomía Observac.	Electrodin Clásica (D)	

SEMESTRE 2 Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Coherencia Óp. y Láser	T. Fase y Fenom. Críticos	Coherencia Óp. y Láser	T. Fase y Fenom. Críticos	
10:30	Astrofísica Extrag. (A)	Física Materia Condens.	Plamas y PA	Física Materia Condens.	Plamas y PA
12:00	Cosmología (A)	Partículas Elem. (A)	Cosmología (A)	Astrofísica Extrag. (A)	Partículas Elem. (A)
14:00		Cosmología (B)		Cosmología (B)	
14:30	Partículas Elem. (B)		Partículas Elem. (B)		
15:30		Astrofísica Extrag. (B)		Astrofísica Extrag. (B)	