Curso 2019-2020

Guía Docente del Grado en Física

V6 – Fecha de actualización: 26/02/2020

Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid

Las correcciones de erratas y otras novedades se irán
publicando 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-19-20

Esta versión completa de la **Guía Docente del Grado en Física**
(aprobada en la Junta de Facultad del 27 de junio de 2019)
se actualizará sólo puntualmente a lo largo del curso.

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

Tabla de contenido

1. Estructura del Plan de Estudios 5
   Distribución de asignaturas por cursos y semestres, módulos y materias 6
   Adquisición de competencias 11
1. Fichas de las asignaturas de primer curso 13
   Fundamentos de Física I 14
   Matemáticas 18
   Química 21
   Laboratorio de Computación Científica 26
   Fundamentos de Física II 31
   Cálculo 35
   Álgebra 38
   Laboratorio de Física I 42
2. English Files for First Year Subjects 46
   Physics Fundamentals I 47
   Mathematics 50
   Chemistry 53
   Scientific Computer Laboratory 57
   Physics Fundamentals II 61
   Calculus 65
   Algebra 68
   Physics Laboratory I 72
3. Fichas de las asignaturas de segundo curso 75
   Mecánica Clásica 76
   Termodinámica 79
   Electromagnetismo I 83
   Métodos Matemáticos I 87
   Óptica 90
   Electromagnetismo II 93
   Física Cuántica I 96
   Métodos Matemáticos II 99
   Laboratorio de Física II 102
4. English Files for Second Year Subjects 113
   Classical Mechanics 114
   Thermodynamics 117
   Electromagnetism I 120
   Mathematical Methods I 123
   Optics 126
   Electromagnetism II 129
   Quantum Physics I 132
   Mathematical Methods II 135
   Physics Laboratory II 138
5. Fichas de las asignaturas de tercer curso 143
   Física Cuántica II 144
   Física Estadística 148
   Laboratorio de Física III 151
   Astrofísica 157
   Física de Materiales 160
   Mecánica de Medios Continuos 163
   Física Computacional 166
   Historia de la Física 169
   Física del Estado Sólido 172
   Estructura de la Materia 175

Termodinámica del No-Equilibrio 178
Mecánica Cuántica 181
Física de la Atmósfera 184
Física de la Tierra 187
Instrumentación Electrónica 190
Estadística y Análisis de Datos 193
Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial 196

6. Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Fundamental) 199
Física Atómica y Molecular 200
Electrodinámica Clásica 204
Astrofísica Estelar 207
Astronomía Observacional 210
Relatividad General y Gravitación 213
Física Nuclear 215
Interacción Radiación-Materia 218
Mecánica Teórica 221
Campos Cuánticos 224
Simetrías y Grupos en Física 226
Astrofísica Extragaláctica 229
Cosmología 232
Plasmas y Procesos Atómicos 235
Partículas Elementales 238
Física de la Materia Condensada 241
Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos 243
Coherencia Óptica y Láser 246

7. Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Aplicada) 249
Fotónica 250
Electrónica Física 253
Sistemas Dinámicos y Realimentación 256
Fenómenos de Transporte 259
Electrónica Analógica y Digital 263
Propiedades Físicas de los Materiales 266
Métodos Experimentales en Física del Estado Sólido 268
Termodinámica de la Atmósfera 270
Geomagnetismo y Gravimetría 273
Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica 276
Dispositivos de Instrumentación Óptica 279
Energía y Medio Ambiente 281
Nanomateriales 285
Física de Materiales Avanzados 287
Meteorología Dinámica 290
Sismología y Estructura de la Tierra 293
Geofísica y Meteorología Aplicadas 296

8. Prácticas/Tutorías y TFGs 299
Prácticas en Empresa / Tutorías 300
Trabajo Fin de Grado 303

9. Calendario Académico 305

10. Cuadros Horarios del Grado en Física 307

11. Horarios Doble Grado Matemáticas - Física 313

1. Estructura del Plan de Estudios

Distribución de asignaturas por cursos y semestres, módulos y materias

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

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

- **60 ECTS** del denominado Módulo de **Formación Básica**, que comprende las 8 asignaturas del primer curso: *Fundamentos de Física I*, *Matemáticas*, *Química, Laboratorio de Computación Científica*, *Fundamentos de Física II*, *Cálculo, Álgebra* y *Laboratorio de Física I*.

- **90 ECTS** del Módulo de **Formación General**, que se imparte en segundo y tercer año, y abarca:

  60 ECTS correspondientes a las 9 asignaturas de segundo: *Mecánica Clásica*, *Termodinámica*, *Electromagnetismo I*, *Métodos Matemáticos I*, *Física Cuántica I, Óptica*, *Electromagnetismo II*, *Métodos Matemáticos II* y *Laboratorio de Física II*.
  Los 30 ECTS de las 5 asignaturas obligatorias de tercero comunes a ambos itinerarios: *Física Cuántica II*, *Física Estadística*, *Física del Estado Sólido*, *Estructura de la Materia* y *Laboratorio de Física III*.

- **30 ECTS** correspondientes a las **5 asignaturas obligatorias de cada itinerario**, que se imparten durante el tercer y cuarto año.

  Para el Itinerario de Física Fundamental:

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

  Para el Itinerario de Física Aplicada:

  Física de Materiales, Física de la Atmósfera y *Física de la Tierra* en tercer curso, y *Fotónica* y *Electrónica Física* en cuarto curso.

- **54 ECTS** equivalentes a **9 asignaturas optativas** distribuidas de la siguiente forma:

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

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

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

- **6 ECTS** del **Trabajo Fin de Grado**.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Cuarto curso (Física Fundamental)	
1er semestre	2º semestre
Física Atómica y Molecular 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. Termodinámica de la Atmósfera Geomagnetismo y Gravimetría	Dispositivos Electrónicos y Nanoelec. Dispositivos de Instrument. Óptica Energía y Medio Ambiente Nanomateriales Física de los Materiales Avanzados Meteorología Dinámica 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	Meteorología Dinámica	Física de la Atmósfera y de la Tierra		OP	6
800555	Termodinámica de la Atmósfera			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 grupo en inglés de ambos cursos será el B (horario de mañana).

En años sucesivos, la facultad hará todo lo posible por mantener un grupo con docencia en inglés, al menos en primer y segundo curso.

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 en las fichas con los iconos:

1. Fichas de las asignaturas de primer curso

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	7	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	6	L,M,J	11:00-13:00	Javier Gorgas García	Todo el semestre	41.25	T	FTA
				Mª de los Ángeles Gómez Flechoso	Todo el semestre	41.25	P	FTA
D	6	L, M, X, J	15:00-16:30	Diego Córdoba Barba	Todo el semestre	82.5	T y P	FTA
E	9	L, M, X, J	14:30-16:00	David Maestre Varea	05/09 a 30/10	45.0	T y P	FM
				Nevenko Biskup	31/10 a 17/12	37.5	T y P	FM
F	7	M,J,V X	17:30-19:00 18:00-19:30	José Manuel Alarcón Soriano	Todo el semestre	41.25	T y P	FT
				Vincent Mathieu	Todo el semestre	41.25	T y P	FT

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 central
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Javier Gorgas García	M, X, J: 13.00-14.00 V: 10.00-13.00	jgorgas@ucm.es	D. 13, Pl. Baja Oeste
	Mª Ángeles Gómez Flechoso	M y J: 9.00-11.00 X: 11.30-13.30	magflechoso@ucm.es	D. 16, Pl. Baja Oeste
D	Diego Córdoba Barba	M, J: 11:00-12:30	dcordoba@fis.ucm.es	Despacho 119, 4ª pl. este
E	David Maestre Varea	M,J: 10:00-13:00 (+3 no pres.)	davidmaestre@fis.ucm.es	D 112, 2ª pl.
	Nevenko Biskup	M: 09:00-15:00	nbiskup@pdi.ucm.es	D 122, 3ª pl.
F	José M. Alarcón Soriano	L,X,V: 12:00-13:00	josalarc@ucm.es	D. 7, 2ª pl. Oeste
	Vincent Mathieu	V: 10:00-13:00	vmathieu@ucm.es	D. 5, 2ª pl. Oeste

Programa de la asignatura

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

Bibliografía ordenada alfabéticamente

Básica

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

Complementaria

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

Recursos en internet

Asignatura en el Campus Virtual

Otros recursos:

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

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

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

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

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

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

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

Se realizará un examen parcial (a mediados del semestre) y un examen final. El examen parcial tendrá una estructura similar al examen final y no eliminará materia. La calificación final, relativa a exámenes, N_{Final}, se obtendrá de la mejor de las opciones:

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

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

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

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

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

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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Juan José Sanz Cillero		**Dpto.**	FT
	Despacho	Despacho 11 2ª Pl. Oeste	**e-mail**	jusanz02@ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20								
Grupo	**Aula**	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**Fechas**	**horas**	**T/P**	**Dpto.**
A	7	L, M J, V	10:30-12:00	Luis Martínez Alonso	Todo el semestre	73	T y P	FT
				Santiago Varona Angulo	Todo el semestre	10.5	P	FT
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**							
C	6	L, M X	9:00-11:00 11:00-13:00	Juan José Sanz Cillero	Todo el semestre	83.5	T y P	FT
D	6	L, M X, J	16:30-18:00	Luis Martínez Alonso	Todo el semestre	73	T y P	FT
				Santiago Varona Angulo	Todo el semestre	10.5	P	FT
E	9	L M,J X	16:00-17:30 17:00-18:30 17:30-19:00	Nicolás Cardiel López	Todo el semestre	83.5	T y P	FTA
F	7	M, X J, V	15:00-16:30	Cristina Martínez Pérez	Segunda mitad	43.5	T y P	EMFTEL
				Daniel Nieto Castaño	Primera mitad	40	T y P	EMFTEL

T: teoría, P: practicas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Luis Martínez Alonso	L,M,J: 15:30-16:30 *	luism@fis.ucm.es	D. 32, 2ª pl. Oeste
	Santiago Varona Angulo	X: 10:00-12:00	svarona@ucm.es	D. 2, 3ª pl. Oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Juan José Sanz Cillero	M,X,J: 13:00-15:00	jusanz02@ucm.e	D. 11, 2ª pl. Oeste
D	Luis Martínez Alonso	L,M,J: 15:30-16:30 *	luism@fis.ucm.es	D. 32, 2ª pl. Oeste
	Santiago Varona Angulo	X: 10:00-12:00	svarona@ucm.es	D. 2, 3ª pl. Oeste
E	Nicolás Cardiel López	M,J: 10:30-13:00 *	cardiel@ucm.es	D. 12, pl. baja Oeste
F	Cristina Martínez Pérez	X,J: 10:45-12:45 *	crismp@ucm.es	D. 229, 3ª pl. Central
	Daniel Nieto Castaño	M,J: 11:30-13:00	dnie01@ucm.es	3ª pl. Central

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

Programa de la asignatura

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

Bibliografía básica

Básica

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

Complementaria

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

Recursos en Internet
• Se utilizará el Campus Virtual.

Metodología
Las clases de repaso de los conocimientos anteriores serán principalmente de resolución de ejercicios. En el resto de clases la mitad del tiempo será para teoría (incluyendo ejemplos) y la otra mitad para problemas. Los estudiantes dispondrán de los enunciados de estos problemas previamente. A lo largo del curso se podrán proponer problemas u otras actividades relacionadas con la asignatura para hacer fuera del aula. Problemas o test de contenido similar a lo hecho en clase podrán ser propuestos algún día en el aula y calificados. Las dudas sobre teoría y problemas de la asignatura podrán ser consultadas en el despacho del profesor en horarios de tutorías. A mitad de curso se realizará un primer examen parcial (sobre la primera mitad del programa). A finales de enero el segundo (sobre el resto). En enero será el examen final. Todos serán básicamente de problemas parecidos a los hechos durante el curso. Se proporcionarán enunciados de exámenes de años anteriores.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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 junio-julio el examen será similar al de enero.		
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 junio-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 junio-julio se obtendrá utilizando la misma fórmula.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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, cinética química, equilibrio químico, electroquímica, 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	Isabel Redondo Yélamos			**Dpto.**	QF
	Despacho	QA511	**e-mail**	iredondo@quim.ucm.es	
Profesor/a coordinador/a de laboratorio	Ignacio Solá Reija			**Dpto.**	QF
	Despacho	QB202	**e-mail**	isola@quim.ucm.es	

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	T/P	Dpto.
A	7	L 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	6	X J	9:30 – 11:00 9:00 – 11:00	M. Isabel Redondo Yélamos	42	T/P	QF
D	6	L M, J	18:00 – 19:30 18:00 – 19:00	Miguel A. González González	42	T/P	QF
E	9	M, J X	16:00 – 17:00 16:00 – 17:30	Jesús Fernández Castillo	42	T/P	QF
F	7	X J, V	16:30 – 18:00 16:30 – 17:30	Fernando Acción Salas	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	QA-242
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	M. Isabel Redondo Yélamos	X,J: 13.30-16.30	iredondo@ucm.es	QA-511
D	Miguel A. González González	X,V: 10:00-13:00	miguelangel.gonzalez@ucm.es	QB-248
E	Jesús Fernández Castillo	L,J: 15:00-17:30	jfernand@ucm.es	QA-242
F	Fernando Acción Salas	L,X: 10:30-13:30	faccion@ucm.es	QA-513

PROFESORES DE LABORATORIO POR GRUPOS	
Grupos de Mañana	
VEGA DE LAS HERAS, Carlos	cvega@quim.ucm.es
PANDO Gª-PUMARINO, Concepción	pando@quim.ucm.es
FERNÁNDEZ ABASCAL, José Luis	abascal@quim.ucm.es
GONZÁLEZ MacDOWELL, Luis	lgmac@quim.ucm.es
LÓPEZ MONTERO, Iván	ivanlopez@quim.ucm.es
AICART SOSPEDRA, Emilio	aicart@quim.ucm.es
GUIGNON, Berengere	bguignon@ucm.es
MUÑOZ ÚBEDA, Mónica	monicamubeda@quim.ucm.es
RODRÍGUEZ ARRIAGA, Laura	lrarriaga@quim.ucm.es
Grupos de Tarde	
VEGA DE LAS HERAS, Carlos	cvega@quim.ucm.es
BARBA NIETO, Irene	irebarba@ucm.es
PEÑAS CABALLERO, Mónica	mopenas@ucm.es
RUBIO LAGO, Luis	luis.iescolme@hotmail.com
AFONSO PÉREZ, Elisabet L.	eafonso@ucm.es
MATEOS MAROTO, Ana	ana.mateos@ucm.es
FERNÁNDEZ PEÑA, Laura	laura.fernandez.pena@ucm.es
SANCHEZ ARRIBAS, Natalia	natsanch@ucm.es
MONTERO DE HIJES, Pablo	pamonter@ucm.es
IZQUIERDO RUIZ, Fernando	ferizqui@ucm.es

Horarios de prácticas en laboratorio					Nº sesiones: 4
Grupo	**turno (plazas)**	**Días**	**turno (plazas)**	**Días**	**Horas**
A	**A1 (24)**	Sept: 30, Oct: 7, 14, 21	**ABC (12)**	Nov: 4, 11, 18, 25	15:00 – 18:00
	A2 (24)	Oct: 2, 9, 16, 23			
B	**B1 (24)**	Oct: 1, 8, 15, 22	**BC (24)**	Nov: 7, 8, 14, 21	
			ABC (12)	Nov: 4, 11, 18, 25	
C	**C1 (24)**	Oct: 3, 10, 17, 24	**BC (24)**	Nov: 7, 8, 14, 21	
			ABC (12)	Nov: 4, 11, 18, 25	
D	**D1 (24)**	Oct: 1, 8, 15, 22	**DF (12)**	Nov: 7, 14, 21, 28	9:30 – 12:30
	D2 (24)	Oct: 3, 10, 17, 24			
E	**E (24)**	Oct: 2, 9, 16, 23	**EF (24)**	Nov: 6, 13, 20, 27	
F	**F (24)**	Sept: 30, Oct: 7, 14, 21	**EF (24)**	Nov: 6, 13, 20, 27	
			DF (12)	Nov: 7, 14, 21, 28	
Observaciones: Sesiones: Un total de 4 sesiones de 3 horas cada una y un examen de 1 hora de duración. Lugar: Laboratorio Integrado de Experimentación en Química (Facultad de CC Químicas. Planta Baja: Lab. Química General)					

Fechas de exámenes	
Examen parcial	28 Octubre 2019
Examen de laboratorio (Fechas aproximadas)	Grupos A1, A2, B1, C1, E1, F1, D1, D2: 11 de noviembre. Grupos DF, EF: 11 de diciembre Grupos ABC, BC: 12 de diciembre
Examen final	Consultar calendario en página web

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. **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
3. **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
4. **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
5. **Equilibrio de solubilidad.** Solubilidad y precipitación. Constante de producto de solubilidad. Efecto del ion común. Precipitación fraccionada. Disolución de precipitados.	1.0
6. **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
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. Preparación de disoluciones. Cinética de una reacción	1
2. Ácido-base: valoraciones	1
3. 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

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).

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 2019-20)

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.

Profesora coordinadora	María Guijarro Mata-García		Dpto.	ACyA
	Despacho	233c, 2º planta	**e-mail**	mguijarro@ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	7	M	12:00-13:00	Blanca Ayarzagüena	10	FTA
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)					
C	6	L	13:00-14:00	Teresa Losada Doval	10	FTA
D	6	X	18:00-19:00	María Guijarro Mata-García	10	ACyA
E	9	L	12:30-13:30	Juan Jiménez Castellanos	10	ACyA
F	7	M	16:30-17:30	Maurizio Mattesini	10	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Despacho**
A	Blanca Ayarzagüena	M: 13:00-14:30 J: 16:00-17:30 *	bayarzag@ucm.es	233, central 4ºplanta
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Teresa Losada Doval	L: 11:00-13:00 X: 12:00-13:00 *	tldoval@fis.ucm.es	104, 4ª planta.
D	María Guijarro Mata-García	L: 12:00-14:00 J: 10:00-11:00 *	mguijarro@ucm.es	233c. 2ª planta.
E	Juan Jiménez Castellanos	X: 9:30-12:30 *	juan.jimenez@fis.ucm.es	222. 2ª planta
F	Maurizio Mattesini	L: 14:00-17:00 V: 10:00-13:00	mmattesi@ucm.es	104 4ª pl. este

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

Grupos y horarios de Laboratorio (aulas informática)					Nº sesiones:	30
Grupo	**Aula**	**Dia - Horas**	**Profesor**	**hor**	**Dpto.**	**e-mail**
LA1	1	X 10:00-12:00 J 14:00-16:00	Blanca Ayarzagüena Pablo Zurita Gotor (primera mitad del curso)	60 15	FTA	bayarzag@ucm.es pzurita@fis.ucm.es
LA2	2	X 10:00-12:00 J 14:00-16:00	Rosa M González Barras Pablo Zurita Gotor (primera mitad del curso)	60 15	FTA	barras@fis.ucm.es pzurita@fis.ucm.es
LB1 **LB2**	**ESTOS GRUPOS SE IMPARTEN EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**					
LC1	1	M 14:00-16:00 V 10:00-12:00	Teresa Losada Doval Javier Fullea Urchulutegui (primera mitad del curso)	60 15	FTA	tldoval@fis.ucm.es jfullea@cp.dias.ie
LC2	2	M 14:00-16:00 V 10:00-12:00	Ana M Negredo Moreno Javier Fullea Urchulutegui (primera mitad del curso)	60 15	FTA	anegredo@fis.ucm.es jfullea@cp.dias.ie
LD1	1	L 10:00-12:00 X 12:00-14:00	María Guijarro Mata-García Mariano Sastre Marugan (primera mitad del curso)	60 15	ACyA FTA	mguijarro@ucm.es msastrem@ucm.es
LD2	2	L 10:00-12:00 X 12:00-14:00	Joaquín Recas Piorno Mariano Sastre Marugan (primera mitad del curso)	60 15	ACyA FTA	recas@ucm.es msastrem@ucm.es
LE1	1	M 12:00-14:00 J 11:30-13:30	María Guijarro Mata-García Ángela García Argumánez (primera mitad del curso)	60 15	ACyA FTA	mguijarro@ucm.es agarciaargumanez@ucm.es
LE2	2	M 12:00-14:00 J 11:30-13:30	Juan Jiménez Castellanos Ángela García Argumánez (primera mitad del curso)	60 15	ACyA FTA	juan.jimenez@fis.ucm.es agarciaargumanez@ucm.es
LF1	1	M 10:00-12:00 V 12:00-14:00	Teresa Losada Doval José Manuel Garrido Pérez (primera mitad del curso)	60 15	FTA	tldoval@fis.ucm.es josgarri@ucm.es
LF2	2	M 10:00-12:00 V 12:00-14:00	Rosa M González Barras Álvaro de la Cámara José Manuel Garrido Pérez (primera mitad del curso)	30 30 15	FTA	barras@fis.ucm.es acamarai@ucm.es josgarri@ucm.es

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 presenciales se pedirán por correo electrónico.

Programa teórico de la asignatura	
Tema 1: Introducción a la computación científica • Partes fundamentales de un computador • Niveles de descripción de un computador: hardware y software • Introducción al software científico	1 hora
Tema 2: Aritmética de un computador • Representación numérica: enteros y reales • Errores en la aritmética de un computador	2 horas
Tema 3: Ajuste e interpolación de datos • Fundamentos de ajuste e interpolación • Métodos globales de interpolación • Métodos locales de interpolación • Ajuste por mínimos cuadrados	2 horas
Tema 4: Raíces de una función • Fundamentos de los métodos iterativos • Convergencia • Inestabilidad numérica • Métodos locales para el cálculo de raíces	2 horas
Tema 5: Sistemas de ecuaciones lineales • Métodos directos • Métodos iterativos	2 horas
Tema 6: Diferenciación e integración • Diferenciación numérica por diferencias finitas • Integración numérica	1 hora

Programa de laboratorio	Sesiones
Práctica 1: Introducción a Matlab/Octave • Entorno de programación • Funciones internas • Variables y operadores • Bucles y condicionales • Creación de funciones y scripts • Representación gráfica	10
Práctica 2: Raíces de una función • Métodos directos • Métodos iterativos	4
Práctica 3: Sistemas de ecuaciones • Métodos directos • Métodos iterativos • Análisis de convergencia	5
Práctica 4: Ajuste e interpolación de datos • Métodos globales de interpolación • Métodos locales de interpolación • Ajuste por mínimos cuadrados	5
Práctica 5: Diferenciación e integración	4
Práctica 6: Cálculo simbólico	2

Bibliografía básica

Básica

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

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

Metodología

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 guión 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 podrá realizar opcionalmente un trabajo por grupos, relacionado 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 individualmente o por grupos en los horarios establecidos.

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. 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. 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		
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. Siendo la asignatura eminentemente práctica, la calificación de laboratorio ponderará la nota final tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria de la asignatura, si se supera la calificación mínima de corte. La calificación de los trabajos opcionales realizados por los alumnos, servirá para subir nota de acuerdo con los criterios fijados por cada profesor.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	África Castillo Morales y Amparo Izquierdo Gil		Dpto.	FTA y EMFTEL
	Despacho	109 1ª pl. y 14, pl. baja	e-mail	acasmor@fis.ucm.es amparo@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	7	L,M,X J	09:00-10:30 11:00-12:30	Vicente Carlos Ruiz Martínez	1ª parte del semestre	41.25	T y P	FTA
				Blanca Ayarzagüena Porras	2ª parte del semestre	41.25	T y P	
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	6	M,J V	11:00-13:00 9:00-11:00	Mª Amparo Izquierdo Gil	Todo el semestre	82.5	T y P	EMFTEL
D	6	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	9	L, M, X, J	14:30-16:00	Rocío Ranchal Sánchez	Todo el semestre	72.5	T y P	FM
				David Maestre Varea	Todo el semestre	10.0		
F	7	M X,V J	16:30-18:00 15:00-16:30 14:30-16:00	Zouhair Sefrioui	1ª parte del semestre	41.5	T y P	FM
				Rainer Schmidt	2ª parte del semestre	41.0	T y P	

T: teoría, P: practicas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Vicente Carlos Ruiz Martínez	L,J: 11:30-14:00 *	vcarlos@ucm.es	despacho 207, 4ª planta central
	Blanca Ayarzagüena Porras	M: 13:00-14:30 J: 16:00-17:30 *	bayarzag@ucm.es	D. 233, central 4ºplanta
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	M. Amparo Izquierdo Gil	M: 13:00-14:30 V: 12:00-13:30 *	amparo@ucm.es	D. 109, 1ª planta Módulo Este
D	Emilio Nogales Díaz	X,J,V: 11:00-13:00	enogales@ucm.es	D. 211, 2ª planta
E	Rocío Ranchal Sánchez	M,X,J: 11:00-13:00	rociran@fis.ucm.es	D. 118.bis, pl. 2 E.
	David Maestre Varea	M,J: 10:00-13:00	dmaestre@ucm.es	112 (2ªplanta)
F	Zouhair Sefrioui	L: 12:00-13:30 X: 13:00-14:00 *	sefrioui@fis.ucm.es	D. 116, 3ª planta
	Rainer Schmidt	M: 15:30-16:30 X,V: 14:00-15:00 J: 15:00-16:00 *	rainer.schmidt@fis.ucm.es	121 (3ªplanta)

* 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:

20 de febrero - Seminario 1, tema por determinar

12 de marzo - Seminario 2, tema por determinar

16 de abril - Seminario 3, tema por determinar

30 de abril - Seminario 4, tema por determinar

7 de mayo - 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

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura, incluyendo ejemplos y aplicaciones. (3 horas por semana)
- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas (3 horas por semana)
- Cinco seminarios sobre temas de actualidad dentro del campo de la Física (se utilizará para este fin una de las clases de teoría o de problemas). A dichas sesiones deberán asistir tanto los alumnos como sus profesores. Se organizará un 6º seminario en cada clase con temas presentados por los profesores y/o los propios alumnos.

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

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

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

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	75%

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 junio-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 mayo-junio como para la extraordinaria de junio-julio.

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Luis Antonio Fernández Pérez			**Dpto.**	FT
	Despacho	226	**e-mail**	lsntnfp@ucm.es	

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	7	L M, X	12:00-14:00 12:00-13:30	Juan Ramírez Mittelbrunn	Todo el semestre	67.5	T y P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	6	L M V	9:30-11:30 9:30-11:00 11:00-12:30	Mª Cristina Martínez Pérez	Todo el semestre	47.5	T	EMFTEL
				Raúl de Diego Martínez	Todo el Semestre	20.0	P	EMFTEL
D	6	L M,J	17:30-19:30 18:00-19: 30	Luis Antonio Fernández Pérez	Todo el semestre	67.5	T y P	FT
E	9	L,X M	17:30-19:00 16:00-18:00	Juan Ramírez Mittelbrunn	Todo el semestre	67.5	T y P	FT
F	7	M J V	15:00-16:30 16:00-17:30 16:30-18:30	Luis Antonio Fernández Pérez	Todo el semestre	67.5	T y P	FT

T: teoría, P: practicas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Juan Ramírez Mittelbrunn	M-X: 9-10 y 11-12 L-X: 16:30-17:30	juanrami@fis.ucm.es	Despacho 7 3ª pl. oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Cristina Martínez Pérez	L,J: 14:30-16:30h *	crismp@ucm.es	Despacho 229 3ª pl. central
	Raúl de Diego Martínez	V: 15:00-18:00	radiego@ucm.es	19. 3ª pl. módulo central-norte
D	Luis Antonio Fernández Pérez	L: 16:00-17:30 M: 16:30-18:00 *	lsntnfp@ucm.es	Despacho 3 3ª pl. oeste
E	Juan Ramírez Mittelbrunn	M-X: 9-10 y 11-12 L-X: 16:30-17:30	juanrami@fis.ucm.es	Despacho 7 3ª pl. oeste
F	Luis Antonio Fernández Pérez	L: 16:00-17:30 M: 16:30-18:00 *	lsntnfp@ucm.es	Despacho 3 3ª pl. oeste

* 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
Algunos grupos utilizarán el CAMPUS VIRTUAL.

Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: • Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones (3 horas semanales en media) • Clases prácticas de problemas (2 horas semanales en media) 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.

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 junio-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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Piergiulio Tempesta			**Dpto.**	FT
	Despacho	30(FT)	**e-mail**	p.tempesta@fis.ucm.es	

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	7	L. X J	10:30-12:00 9:00-11:00	Piergiulio Tempesta	Todo el semestre	67.5	T y P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	6	L J V	11:30-13:30 9:30-11:00 12:30-14:00	Francisco Guil Guerrero	Todo el semestre	67,5	T y P	FT
D	6	L M X	16:00-17:30 16:30-18:00 17:00-19:00	Piergiulio Tempesta	1ª parte semestre	33.75	T y P	FT
				Mercedes Martín Benito	2ª parte semestre	33.75		
E	9	L,X J	16:00-17:30 16:00-18:00	Víctor Martín Mayor	Todo el semestre	67.5	T y P	FT
F	7	M, X J	18:00-19:30 17:30-19:30	Felipe Llanes Estrada	Todo el semestre	67.5	T y P	FT

T: teoría, P: practicas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Piergiulio Tempesta	L: 14:00-16:00, M: 11:00-13:00 X: 14:30-16:30	p.tempesta@fis.ucm.es	D 30 2ª pl. Oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Francisco Guil Guerrero	L, M: 14:30-16:00; J: 11:00-13:00, V: 11:30-12:30	fguil@fis.ucm.es	D 25 2ª pl. Oeste
D	Piergiulio Tempesta	L: 14:00-16:00, M: 11:00-13:00 X: 14:30-16:30	p.tempesta@fis.ucm.es	D 30 2ª pl. Oeste
	Mercedes Martin Benito	X: 10:30-13:00, 14:30-16:00 V: 12:30-14:30	m.martin.benito@ucm.es	D 13, 2ª pl. Oeste
E	Víctor Martín Mayor	L: 9:00-13:00, M: 10:30-12:30	vicmarti@ucm.es	D 4. 3ª pl. Oeste
F	Felipe Llanes Estrada	L, X: 12:00-13:30 M: 12:00-13:00, J: 11:00-13:00	fllanes@fis.ucm.es	D 24 3ª 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).

Recursos en internet

Utilización del Campus Virtual (por grupos).

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

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

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

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

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

Se suministrarán a los estudiantes exámenes de convocatorias previas.

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

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	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 mayo-junio como en la extraordinaria de junio-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 2019-20)

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 2019/20				Nº Sesiones	8
Grupo	Día	Horario	Aula	Profesor de Teoría (12 h.)	Dpto.
A	M	10:30-12:00	7	Marcos López Moya	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)				
C	M	13:00-14:30	6	Alvaro de la Cámara Illescas	FTA
D	J	16:30-18:00	6	Javier Tornos Castillo	FM
E	J	12:00-13:30	9	Marta Ábalos Álvarez	FTA
F	X	16:30-18:00	7	Javier Tornos Castillo	FM

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Marcos López	M,X: 14:00-17:00	marcolop@ucm.es	220. 3ª Planta Módulo Central
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Álvaro de la Cámara	L: 10.00-13.00 *	acamarai@ucm.es	Centro, 4ª Planta 229
D	Javier Tornos	M,J: 11:30-13:00 *	jtornosc@fis.ucm.es	Centro 3ª Planta 2
E	Marta Abalos	V: 11:00-13:00	mabalosa@fucm.es	Centro, 4ª Planta 229
F	Javier Tornos	M,J: 11:30-13:00 *	jtornosc@fis.ucm.es	Centro 3ª Planta 2

* 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	Marcos López Daniel Sánchez	EMFTEL	marcolop@ucm.es dsparcerisa@ucm.es	4/2, 11/2, 25/2, 3/3	1, 2
LB	**Este grupo se imparte en inglés (ver ficha correspondiente)**						
LC	M	13:00-14:30	A. de la Cámara Rainer Schmidt	FTA FM	acamarai@ucm.es rainer.schmidt@ucm.es	4/2, 11/2, 3/3, 10/3	2, 15
LD	J	16:30-18:00	José M. Garrido Mario Chamorro	FTA	josgarri@ucm.es mariocha@ucm.es	6/2, 13/2, 5/3, 12/3	1, 15
LE	J[2]	11:30-13:00	Marta Ábalos Manuel Zarco	FTA	mabalosa@ucm.es manzarco@ucm.es	6/2, 13/2, 27/2, 5/3	1, 2
LF	X	16:30-18:00	Rainer Schmidt Mario Chamorro	FM FTA	rainer.schmidt@ucm.es mariocha@ucm.es	5/2, 12/2, 4/3, 18/3	1, 2

(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 2019/20			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	10:00-13:30		
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	Marcos López	(49.0 h)	EMFTEL	marcolop@ucm.es
	Irene Polo	(49.0 h)	FTA	ipolo@ucm.es
LB	Jose Luis Contreras	(49.0 h)	EMFTEL	jlcontreras@fis.ucm.es
	Natalia Calvo	(49.0 h)	FTA	nataliac@fis.ucm.es
	Vicente.Carlos Ruiz	(49.0 h)	FTA	vcarlos@fis.ucm.es
LCD	Alvaro de la Cámara	(49.0 h)	FTA	acamarai@ucm.es
	Sergio Sainz-Maza	(49.0 h)	FTA	ssainzma@ucm.es
LDC	L. Muñoz	(49.0 h)	EMFTEL	lmunoz@pdi.ucm.es
	D. Sánchez	(24.0 h)	EMFTEL	dsparcerisa@ucm.es
	P. Galve L.	(25.0 h)	EMFTEL	pgalve@ucm.es
	Luis Durán	(24.5 h)	FTA	luis@intermet.es
	J. Álvarez	(24.5 h)	FTA	jalvar02@ucm.es
LE	Marta Abalos	(49.0 h)	FTA	mabalosa@ucm.es
	C. Yagüe	(49.0 h)	FTA	carlos@ucm.es
	I. Polo	(49.0 h)	FTA	ipolo@ucm.es
LFA	O. Martínez Matos	(49.0 h)	OPT	ommatos@fis.ucm.es
	J. Santamaría	(24.5 h)	FM	jacsan@ucm.es
	Por determinar	(24.5 h)	OPT	
	C. León	(12.0 h)	FM	carlos.leon@fis.ucm.es
	N. Nemes	(37.0 h)	FM	nmnemes@fis.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.

Metodología

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

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

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

Las sesiones de “análisis de datos 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.

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 **2019-20**)

Physics Fundamentals I		**Code**	800490	**Year**	1º	**Sem.**	1º
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	19	Tu, Th, Fr	11:00-13:00	Carlos Díaz - Guerra Viejo	Whole semester	82.5	T/E	FM

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Carlos Díaz-Guerra Viejo	Mon & Wed 10:00-13:00	cdiazgue@ucm.es	East wing, 2nd floor, room 111

Syllabus

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bibliography

Basic

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

Complementary

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

Online Resources

UCM Virtual Campus

Other resources:

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

Methodology

Teaching activities:

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

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

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

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

Evaluation Criteria

Exams	Weight:	75%

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bachelor in Physics
(Academic Year **2019-20**)

Mathematics			**Code**	800492	**Year**	1º	**Sem.**	1º
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	Juan José Sanz Cillero		**Dept.**	FT
	Room	11 (2ndWest)	**e-mail**	jjsanzcillero@ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	19	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 & Thu, 14:00-17:00	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

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.

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 **2019-20**)

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	Isabel Redondo Yélamos			**Dept.**	QF
	Room	QA511	**e-mail**	iredondo@quim.ucm.es	
Laboratory Coordinator	Ignacio Solá Reija			**Dept.**	QF
	Room	QA277	**e-mail**	isola@quim.ucm.es	

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Hours	T/P	Dept.
B	19	Tue Wed	9:30 – 11:00 11:00 – 13:00	Fernando Martínez Pedrero	42	T/P	QF

T: Theory, P: Problems

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Fernando Martínez Pedrero	Mon & Fri: 10:00 -13:00	fernandm@ucm.es	QB-251

Laboratory Teaching Staff	
Afternoon Sessions	
Carlos Vega de las Heras Pablo Montero de Hijes Eduardo Guzmán	cvega@ucm.es pamonter@ucm.es eguzmans@ucm.es

Teachers have still not been assigned to each subgroup.

Laboratory Schedule				No. of Sessions: 4
Group	**Subgroup**	**Day**		**Schedule**
B	**B1**	Oct.: 1, 8,15, 22		15:00 – 18:00
	ABC		Nov.: 4, 11, 18, 25	

NOTE: Los laboratorios se impartirán en español.

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

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

Examination Dates	
Midterm Exam	October 28
Laboratory Exam (Aproximate dates)	To be specified
Final Exam	See the exam schedule in the web.

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. **Chemical kinetics.** Reaction rate: factors that modify it. Reaction orders and molecularity. Integrated speed equations. Arrhenius equation. Reaction mechanism	2.0
3. **Fundamentals of chemical equilibrium**. Entalpy: 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
4. **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
5. **Solubility equilibria.** Solubility and precipitation. Solubility product constant. Common ion effect. Fractional precipitation. Dissolution of precipitates.	1.0
6. **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
7. **Atomic structure**. Quantum numbers and atomic orbitals. Electronic configuration. Periodic table. Periodic properties.	1.0
8. **Chemical bonding.** Different types of bonds. Covalent bond. Lewis Model (RPECV). Bond Polarity. Electronegativity. Resonance. Introduction to the valence bond method. Hybridization. O.M. Theory. Metallic bond. Intermolecular forces. Ionic bonding. Reticular energy. Born-Haber cycle. Different types of solids.	2.5
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
• Preparación de disoluciones. Cinética de una reacción	1
• Ácido-base: valoraciones	1
• Solubilidad	1
• Electroquímica	1
• Examen (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

In each lesson the following training activities will be developed:

- presentation on 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).

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 **2019-20**)

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

	Total	**Theory**	**Laboratory**
ECTS Credits	6	1	5
Semester hours	70	10	60

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

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		**Dept.**	DACYA
	Room	233c, 2nd Floor	**E-mail**	mguijarro@ucm.es

Theory – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Hours	Dept.
B	19	Th	13:00-14:00	Segundo Esteban San Román	10	DACYA

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Segundo Esteban San Román	Mo 14:30-15:30 Th 11:00-13:00 (+3h online)	segundo@dacya.ucm.es	23x. 2nd Floor

Laboratory Schedule					No. of sessions:	30
Group	**Computer Lab**	**Day - Hours**	**Professor**	**Hours**	**Dpt.**	**e-mail**
LB1	1	Mo 12:00-14:00 We 14:00-16:00	Segundo Esteban San Román Pablo Zurita Gotor	60 15	ACyA FTA	segundo@dacya.ucm.es pzurita@fis.ucm.es
LB2	2	Mo 12:00-14:00 We 14:00-16:00	Joaquín Recas Piorno Pablo Zurita Gotor	60 15	ACyA FTA	recas@ucm.es pzurita@fis.ucm.es

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.

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
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.

Evaluation Criteria		
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. 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. Assistance to laboratory sessions, submission of guided exercise reports and performing of tests and exercises are mandatory to pass the course.		
Final Mark		
Examination: 40% of the final course mark, provided the minimum examination mark has been achieved. This is valid for both calls. Laboratory: 60% of the final course mark, provided the minimum examination mark has been achieved. This is valid for both calls. Due to the practical nature of the course, the laboratory marks will be used to compute the final mark of the course in both calls (ordinary and extraordinary). 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 **2019-20**)

Physics Fundamentals II	**Code**	800491	**Year**	1º	**Sem.**	2º
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	África Castillo Morales & Amparo Izquierdo Gil		**Dept.**	FTA & EMFTEL
	Room	14, base floor & 109 1st floor	**e-mail**	acasmor@fis.ucm.es amparo@fis.ucm.es

Theory/Problems – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	19	Tu,Th Fr	11:00-13:00 9:00-11:00	Mª África Castillo Morales Jesús Fidel González Rouco	1st / 2nd half of the semester	41.25 41.25	T/E	FTA

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Mª África Castillo Morales	Mon & Wed 10:30-13:00 (+1h online)	acasmor@fis.ucm.es	Office 14, base floor
	Jesús Fidel González Rouco	Mon & Wed 12.00-13.30 (+3h online)	fidelgr@ucm.es	Office 4, base floor

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 20th, 1st seminar talk by 'to be determined'

March 12th, 2nd seminar talk by 'to be determined'

April 16th,, 3rd seminar talk by 'to be determined'

April 30th, 4th seminar talk by 'to be determined'

May 7th, 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

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.

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:

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

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.

F

Bachelor in Physics
(Academic Year **2019-20**)

Calculus			**Code**	800493	**Year**	1º	**Sem.**	2º
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	Luis Antonio Fernández Pérez		**Dept.**	FT
	Room	D3	**e-mail**	lsntnfp@gmail.com

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	19	Tue Wed Thu	13:00-14:30 11:00-13:00 9:30-11:00	Joaquín López Herraiz	Entire Semester	67.5	T/E	EMFTEL

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Joaquín López Herraiz	Tue: 15:00-17:00 Thu: 11:00-13:00 (+2h online)	jlopezhe@ucm.es	Room 235 3rd Floor

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

https://www.ucm.es/campusvirtual

Methodology
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.

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 September will be obtained following exactly the same assessment procedure.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2019-20**)

Algebra			**Code**	800494	**Year**	1º	**Sem.**	2º
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	Piergiulio Tempesta			**Dept.**	FT
	Room	30 (FT)	**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	19	Tu We Fr	9:30-11:00 9:00-11:00 11:00-12:30	José Ramón Peláez Sagredo	Whole period	59.5	T/E	FT
				Mindaugas Karciauskas	Whole period	8.0	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	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).

Online Resources

Virtual Campus

Methodology

The following formative activities will be developed:

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

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

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

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

Students will be provided with exams of previous calls.

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

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	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 **2019-20**)

Physics Laboratory I		**Code**	800497	**Year**	1º	**Sem.**	2º
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	19	Th	13:00-14:30	José Luis Contreras González		EMFTEL

Office hours				
Group	**Professor**	**Schedule**	**E-mail**	**Location**
B	J. L. Contreras	Tue 11:30-13:00 Wed 15:30-17:00 (+3h online)	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 E. Gómez	EMFTEL FTA	jlcontreras@fis.ucm.es emigom01@ucm.es
Group	**Laboratory - Professor**	**Dpt.**	**e-mail**
LB	J. L. Contreras N. Calvo V.C. Ruiz	EMFTEL FTA FTA	jlcontreras@fis.ucm.es nataliac@fis.ucm.es vcarlos@fis.ucm.es

Data Analysis Laboratory- Schedule				No. of sessions:	4
Group	**Day**	**Hours**	**Dates**	**Location**	
LB	Th	13:00-14:30	6/2,13/2, 27/2, 5/3	Computer Lab, 4th Fl.	
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. There will be session organized to make for missed ones.	

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.

Methodology

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

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

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

The "data analysis 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.

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 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	L J V	09:00-10:30 10:30-12:00 09:00-11:00	Alejandro Bermúdez Carballo	Todo el semestre	61.5	T/P	FT
				Valentín Boyanov Savov	Todo el semestre	6	P	
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	M* J V	18:00-19:30* 15:00-16:30 15:00-17:00	Artemio González López	17/10/19 a 17/12/19	37.5	T/P	FT
				Diego Rubiera García	05/09/19 a 14/10/19	30	T/P	
D	11	L X V	17:30-19:00 16:30-18:30 17:00-18:30	Antonio López Maroto	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

(*) En el grupo C la clase de los martes pasará a los lunes 15:00-16:30 a partir de la 5ª semana. Ver detalles en cuadro horario al final de la guía.

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Alejandro Bermúdez Carballo	L,V: 11:00-13:00, J: 14:00-16:00	albermud@ucm.es	9, 2ª planta. Zona Oeste
	Valentín Boyanov Savov	L,V: 14:00-16:00	vboyanov@ucm.es	15, 2ª planta. Zona Oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Artemio González López	1er. cuatrimestre (hasta 16-10-19) y 2º cuatrimestre: M,V: 11:00-12:30 y 14:30-16:00 1er. cuatrimestre (del 17-10-19 al 24-01-20): M: 10:30-13:00 y 14:30-16:30 X: 14:30-16:00	artemio@fis.ucm.es	Despacho 29 2ª planta. Módulo Oeste
	Diego Rubiera García	J: 10:00-13:00 (+ 3 horas no presenciales)	drubiera@ucm.es	27 3ª pl. Oeste
D	Antonio López Maroto	M: 10:00-13:00, J: 15:00-18:00	maroto@ucm.es	14, 3ª planta, Módulo Oeste
E	Enrique Alfonso Maciá Barber	M,X: 14:30-17:00 V: 12:30-13:30	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.
- 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

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

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

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

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%
Calificación obtenida en el examen final de la asignatura.		
Otras actividades	**Peso:**	30%

En este apartado se valorarán algunas de las siguientes actividades:

- Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual
- Pruebas escritas individuales realizadas durante las clases
- Presentación de trabajos

Calificación final

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

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

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

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

Grado en Física (curso 2019-20)

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	116	**e-mail**	khayetm@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	L,M X	10:30-12:00 10:00-12:00	Vicenta María Barragán García	Todo el semestre	67,5	T y P	EMFTEL
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**							
C	10	L X,J	16:30-18:30 16:30-18:00	Mohamed Khayet Souhaimi	Todo el semestre	67,5	T y P	EMFTEL
D	11	L,M V	16:00-17:30 15:00-17:00	Mª Amparo Izquierdo Gil	Todo el semestre	67,5	T	EMFTEL
E	11	L M,X	10:30-12:30 10:30-12:00	Mohamed Khayet Souhaimi	Todo el semestre	67,5	T y P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Vicenta María Barragán García	L: 14:30-15:30 M:13:30-15:30 (3 h no pr. de L-J)	vmabarra@ucm.es	113, 1ª Pl. Módulo Este
B	Juan Pedro García Villaluenga	J: 9:00-12:00 (3 h no pr. de L-V)	jpgarcia@ucm.es	Despacho 117, 1ª Pl. Este
C	Mohamed Khayet Souhaimi	J: 10:30-13:30 (+ 3 h no pres.)	khayetm@fis.ucm.es	Despacho 116, 1ª Pl. Este
D	Mª Amparo Izquierdo Gil	M,V: 11:30-13:00 (+ 3 h no pres.)	amparo@ucm.es s	Despacho 109, 1ª Pl. Este
E	Mohamed Khayet Souhaimi	J: 10:30-13:30 (+ 3 h no pres.)	khayetm@fis.ucm.es	Despacho 116, 1ª Pl. 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

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia (3 horas por semana).
- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas (2 horas por semana).

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

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

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso**	80%
Se realizará un examen final consistente en una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas. Para la realización de la parte del examen correspondiente a problemas se podrán consultar las notas de clase y libros de teoría, de libre elección por parte del alumno.		
Otras actividades	**Peso**	20%
Las actividades de evaluación continua consistirán en problemas y/o ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual y/o en grupo y/o pequeñas pruebas individuales y/o colectivas realizadas durante el curso.		
Calificación final		
La calificación final (F) será la mejor de las dos siguientes: $F = 0.2\,A + 0.8\,E \qquad F = E$ 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 de julio, así como la calificación correspondiente a otras actividades.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Jacobo Santamaría Sánchez Barriga		Dpto.	FM
	Despacho	118, 3ª pl.	e-mail	jacsan@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	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,X J	15:00-16:30 18:00-19:00	José Juan Jiménez Rodríguez	Todo el semestre	54	T y P	FM
D	11	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	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas,

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Despacho**
A	Sagrario Muñoz San Martín	X: 11:00-12:30 V: 10:00-12:30 (+2 no pres.)	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,X,J: 16:30–17:30 (+3h no pres.)	jjjr@fis.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.

Programa de la asignatura

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

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

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

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

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

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

Bibliografía

Básica

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

Complementaria

- Purcell, E.M.: *Electromagnetismo (2ª edición)*. Ed. Reverté, Barcelona (1988).
- Griffiths, D.J.: *Introduction to Electrodynamics* (3rd. Edition). Prentice Hall International (1999).
- Fleisch, D.: *A student's guide to Maxwell's equations*. Cambridge University Press, Nueva York (2008).
- Feynman, R.P., Leighton, R.B., y Sands, M.: *Lecturas de Física, Vol. II. Electromagnetismo y Materia*. Addison-Wesley Iberoamericana (1987).
- Lorrain, P y Courson, D. R.: *Campos y Ondas electromagnéticos*. Selecciones Científicas, Madrid (1994).
- Pramanik, A.: *Electromagnetism. Problems with Solutions*. PHI Learning Private, Ltd. Nueva Delhi, 2012.
- López, E. y Núñez, F.: *100 problemas de Electromagnetismo*. Alianza Editorial, Madrid (1997).
- López Rodríguez, V.: *Problemas resueltos de Electromagnetismo*. Fundación Areces, Madrid (2003).
- Fernandez, A.G.: *Problemas de campos electromagnéticos*. McGraw-Hill (Serie Schaum), Madrid (2005).
- Edminister, J.A.: *Electromagnetismo*. McGraw-Hill (Serie Schaum), México (1992).
- Marcelo Alonso y Edward J. Finn. Volumen II Campos y Ondas. Pearson Educación, 1998.

Recursos en Internet

En Campus Virtual de la UCM.

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

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

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

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

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

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 enero como en la extraordinaria de junio-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 2019-20)

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	Luis J. Garay Elizondo		Dpto.	FT
	Despacho	16	e-mail	luisj.garay@ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	X J V	12:00 – 13:00 12:00 – 13:30 11:00 – 12:30	Francisco J. Guil Guerrero	Hasta el 27 de octubre	27	T y P	FT
				Manuel Mañas Baena	Desde el 28 de octubre	17	T y P	
				Valentín Boyanov Savov		10	P	
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	M X V	16:30 – 18:00 18:00 – 19:00 17:00 – 18:30	Francisco J. Guil Guerrero	Todo el semestre	54	T y P	FT
D	11	M X,J	15:00 – 16:00 15:00 – 16:30	Luis J. Garay Elizondo	Todo el semestre	39	T y P	
				Valentín Boyanov Savov	Todo el semestre	15	P	
E	11	L M X	9:00 – 10:30 12:00 – 13:30 13:00 – 14:00	Federico Finkel Morgenstern	Hasta el 27 de octubre	27	T y P	
				Manuel Mañas Baena	Desde el 28 de octubre	17	T y P	
				Valentín Boyanov Savov		10	P	

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco J. Guil Guerrero	M: 11:00-13:00 y 14:30-16:30 V: 14:30-16:30	fguil@fis.ucm.es	25 2ª pl. Oeste
	Manuel Mañas Baena	L: 10:30-13:30 (+ 3 no presenciales)	manuel.manas@fis.ucm.es	Despacho 10 2ª Oeste
	Valentín Boyanov	L,V: 14:00-16:00	vboyanov@ucm.es	15, 2ª planta. Zona Oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Francisco J. Guil Guerrero	M: 11:00-13:00 y 14:30-16:30 V: 14:30-16:30	fguil@fis.ucm.es	25 2ª pl. Oeste
D	Luis J. Garay Elizondo	J: 9:00-15:00	luisj.garay@ucm.es	Despacho: 16 2ª pl. Oeste
	Valentín Boyanov	L,V: 14:00-16:00	vboyanov@ucm.es	15, 2ª planta. Zona Oeste
E	Federico Finkel Morgenstern	1er. Semestre hasta 27/10/19: L: 10:30-13:00 y 14:30-16:00 J: 14:30-16:30 Desde 28/10/19: J: 14:30-16:30, V: 9:00-13:00	ffinkel@fis.ucm.es	20 2ª Pl. Zona Oeste
	Manuel Mañas Baena	L: 10:30-13:30 (+ 3 no presenciales)	manuel.manas@fis.ucm.es	Despacho 10 2ª Oeste
	Valentín Boyanov	L, V: 14:00-16:00	vboyanov@ucm.es	15, 2ª planta. Zona 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

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.

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 junio-julio se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Gemma Piquero Sanz		Dpto.	OP
	Despacho	11	e-mail	piquero@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	T/P	Dpto.
A	10	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	10	L M J	15:00-16:30 15:00-17:00 15:30-17:00	José A. Rodrigo Martín-Romo	67.5	T/P	OP
D	11	M J V	17:30-19:00 15:30-17:00 15:00-17:00	Luis Lorenzo Sánchez Soto	67.5	T/P	OP
E	11	M,X V	12:00-13:30 11:30-13:30	Gemma Piquero Sanz	67.5	T/P	OP

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Luis Miguel Sánchez Brea	X: 9:00-12:00 (+3 no pr.)	optbrea@fis.ucm.es	Laboratorio 107A
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 13
D	Luis Lorenzo Sánchez Soto	L: 10:30-12:30 X: 15:30-17:30 J: 13:30-15:30	lsanchez@fis.ucm.es	Despacho 11
E	Gemma Piquero Sanz	L: 9:00-12:00 M: 15:00-18:00	piquero@fis.ucm.es	Despacho 11

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

Utilización del Campus Virtual (por grupos).

Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: - Clases de teoría, donde se presentarán y comentarán los contenidos, ilustrados con ejemplos y aplicaciones. - Clases prácticas, en las que se resolverán problemas y se podrán realizar también experiencias de cátedra, discusiones dirigidas, exposiciones de trabajos, etc. - Tutorías, en las que se discutirán y resolverán dudas de forma personalizada o en pequeños grupos. En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador o transparencias, simulaciones por ordenador, etc. Se utilizará el Campus Virtual como apoyo para la comunicación con los alumnos y el intercambio de información.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	55%
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: $F = 0.55\ F2+Max(0.45\ F1,\ 0.35\ PP + 0.1\ OA)$ 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 junio-julio serán las mismas obtenidas en la convocatoria de junio.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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 Juan Jiménez Rodriguez		Dpto.	EMFTEL
	Despacho		e-mail	jjjr@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	L,X	12:00-14:00	José Juan Jiménez Rodríguez	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	M,J	17:00-19:00	Pilar Marín Palacios	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
D	11	L X	15:00-17:00 16:30-18:30	Norbert Nemes	Todo el semestre	54	T y P	FM
E	11	L M,X	9:00-10:00 9:00-10:30	Francisco Javier Franco Peláez	1ª mitad del semestre	27	T y P	EMFTEL
				José Juan Jiménez Rodríguez	2ª mitad del semestre	27	T y P	

T:teoría, P:prácticas,

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Despacho**
A	José Juan Jiménez Rodriguez	L,X: 12:00-14:00	josejjr@ucm.es	111, 3ª pl. 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	Norbert Nemes	X: 12:00-15:00	nmnemes@fis.ucm.es	121, 3ª pl.
E	Francisco Javier Franco Peláez	L: 14:00-15:00 J: 11:00-13:00	fjfranco@fis.ucm.es	206. 3ª pl. Central
	José Juan Jiménez Rodriguez	L,X: 12:00-14:00	josejjr@ucm.es	111, 3ª pl. 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. Sistemas de conductores; aplicaciones. Método de imágenes. Método de separación de variables

Tema 3. Ondas planas monocromáticas.

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

Tema 4. Ondas guiadas.

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

Tema 5. Radiación.

Potenciales retardados. Potenciales de Liénard-Wiechert. Campos de velocidad y aceleración. Radiación emitida por una carga acelerada. Reacción de radiación. Radiación dipolar: dipolo eléctrico y dipolo magnético. Radiación de fuentes arbitrarias: antenas.

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.

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

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

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

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

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

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

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	80%

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. Para la realización de esta segunda parte se podrá utilizar un formulario que se facilitará con una antelación mínima de una semana antes de cada examen. Es responsabilidad del alumno llevar impreso este formulario el día de los exámenes, sin ningún tipo de enmiendas ni modificaciones.

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 junio-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 2019-20)

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	Fernando Ruiz Ruiz			Dpto.	FT
	Despacho	11	e-mail	ferruiz@fis.ucm.es	

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	L,M J	10:30-12:00 11:00-12:00	Fernando Ruiz Ruiz	Todo el semestre	54	T y P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	L X V	17:30-19:00 15:30-17:00 16:30-17:30	Juan José Sanz Cillero	Todo el semestre	54	T y P	FT
D	11	L M X	17:00-18:30 16:30-17:30 15:00-16:30	Antonio Muñoz Sudupe	Todo el semestre	54	T y P	FT
E	11	L M V	11:30-12:30 10:30-12:00 9:00-10:30	Miguel Ángel Martín-Delgado Alcántara	Todo el semestre	33	T	FT
				Pablo A. Moreno Casares	Todo el semestre	21	P	FT

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Fernando Ruiz Ruiz	L,M,X,J: 12:00-13:30	ferruiz@fis.ucm.es	11 3ª pl. Oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Juan José Sanz Cillero	M,X,J: 13:00-15:00	jjsanzcillero@ucm.es	D11 2ª pl. Oeste
D	Antonio Muñoz Sudupe	L,M,X: 12:30 - 13:30 (+ 3 no presenciales)	sudupe@fis.ucm.es	D5 3ª pl. Oeste
E	Miguel Ángel Martín-Delgado Alcántara	X: 14:00 a 20:00	mardel@fis.ucm.es	D8 3ª pl. Oeste
	Pablo A. Moreno Casares	X,J: 14:00-15:00	pabloamo@ucm.es	2 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

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

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

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

C) Se estimulará la discusión y la participación en tutorías.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

- 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 2019-20)

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

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	10	X J	10:00 - 12:00 12:00 - 14:00	Federico Finkel Morgenstern	Todo el semestre	54	T y P	FT
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)							
C	10	L X V	16:30 - 17:30 16:30 - 18:00 15:00 - 16:30	Mª Jesús Rodríguez Plaza	Todo el semestre	54	T y P	FT
D	11	M J V	15:00 - 16:30 17:00 - 18:30 17:00 - 18:00	Ángel Rivas Vargas	Todo el semestre	54	T y P	
E	11	L X V	10:00 - 11:30 10:30 - 12:00 10:30 – 11:30	Jose I. Aranda Iriarte	Todo el semestre	54	T y P	

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Federico Finkel Morgenstern	X: 12:00-13:00 y 14:30-16:30 V: 10:00-13:00	ffinkel@fis.ucm.es	20, 2ª Pl. Zona Oeste
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**			
C	Mª Jesús Rodríguez Plaza	L,X,V: 13:00-15:00	mjrplaza@fis.ucm.es	Despacho 20, 3ª Oeste
D	Ángel Rivas Vargas	L,X: 15:00-16:30 M: 16:30-19:30	anrivas@ucm.es	15, 3ª Pl. Módulo Oeste
E	José I. Aranda Iriarte	L,J: 11:30-13:00 M,V: 14:00-15:30	pparanda@ucm.es	18, 2ª pl. Zona 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. Puntos ordinarios y singulares regulares. Ecuaciones de Hermite, Legendre y Bessel.

3. Problemas de contorno para EDO. Autovalores y autofunciones. Ortogonalidad. Problemas no homogéneos. Desarrollos en serie de autofunciones. Series trigonométricas de Fourier. Transformada de Fourier.

4. EDP: método de separación de variables. Problemas homogéneos y no homogéneos para las ecuaciones del calor, ondas y Laplace. Problemas en coordenadas cartesianas, polares, cilíndricas y esféricas.

Bibliografía

Básica

- *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

Complementaria

- *Partial Differential Equations.* Fritz John. Springer
- *Partial Differential Equations*, Peter J. Olver, 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
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...

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%
Se realizarán actividades de evaluación continua de alguno de estos tipos: • Entrega de problemas a lo largo del curso de forma individual o en grupo. • Realización individual de problemas evaluables en horas de clase. La nota final A de otras actividades será un número entre 0 y 3.5 puntos. Esta nota se tendrá en cuenta en la convocatoria extraordinaria de junio-julio.		
Calificación final		
Si E es la nota del examen final y A la nota final de otras actividades, la calificación final C_F vendrá dada (si $E \geq 3.5$) por la fórmula: $$C_F = \text{máx}\,(A + 0.65 * E, E)$$		

Grado en Física (curso 2019-20)

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				
	José María Ortiz de Zárate Leira		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	112 - Planta1	e-mail	jmortizz@ucm.es
	Charles Creffield		Dpto.	FM
	Despacho	107 – Planta 2	e-mail	c.creffield@fis.ucm.es

Teoría – Detalle de profesorado - 2019/20			
Grupo	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A	José María Ortiz de Zárate	7,5	EMFTEL
	Charles Creffield	4,5	FM
	Rocío Ranchal Sánchez	1,5	FM
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**		
C	José María Ortiz de Zárate	7,5	EMFTEL
	Charles Creffield	4,5	FM
	Rocío Ranchal Sánchez	1,5	FM
D	José María Ortiz de Zárate	7,5	EMFTEL
	Charles Creffield	4,5	FM
	Rocío Ranchal Sánchez	1,5	FM
E	José María Ortiz de Zárate	7,5	EMFTEL
	Charles Creffield	4,5	FM
	Rocío Ranchal Sánchez	1,5	FM

	Horarios de teoría. 1er SEMESTRE (clases las 4 primeras semanas)			**Horarios de teoría. 2º SEMESTRE (clases las 5 primeras semanas)**		
Grupo	**Día**	**Horas**	**Aula**	**Día**	**Horas**	**Aula**
A	M	12:00 -13:30	10	M	12:00 -13:30	2
B	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**					
C	L	15:00 -16:30	10	L	18:00 -19:30	2
D	J	18:00 -19:30	11	J	14:00 -15:30	11
E	V	12:30 -14:00	11	**L**	12:30 -14:00	11
DG (EyM)				J* 30/01/2020	12:00-13:30	5B

* Este curso esta clase se dará un J (y no un V), por la coincidencia con la fiesta de Santo Tomás.

Tutorías				
Grupos	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
T	José M. Ortiz de Zárate	M: 16:00-18:00 J: 11:00-13:00 (+3 no pres.)	jmortizz@ucm.es	Desp. 112 planta 1
MyO	Charles Creffield	M,J,V: 11:00-13:00	c.creffield@fis.ucm.es	Desp. 107 planta 2
EyM	Rocío Ranchal Sánchez	M,X,J: 11:00-13:00	rociran@fis.ucm.es	Desp. 118.bis pl. 2 Este

Calendario y Horarios de Grupos de Laboratorio
AVISO: La asignación de los grupos de laboratorio se realizará a través de automatrícula. Es importante que los alumnos revisen los posibles solapamientos ya que no se podrán realizar cambios de grupo por este motivo (excepto en los casos contemplados en las normas de matriculación de la Facultad de Físicas). **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, TODOS los alumnos de DG asistirán a las clases de teoría del grupo C, con independencia del grupo en el que estén matriculados.

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 2018-2019 se guardan para el curso 2019-2020 (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	Chantal Valeriani (Termo)	EMFTEL	cvaleriani@ucm.es
	Nevenko Biskup (1er semestre. MyO)	FM	nbiskup@pdi.ucm.es
	Fabián Cuellar (2º semestre. MyO)		facuella@ucm.es
	Andrey Malyshev (EyM)	FM	a.malyshev@fis.ucm.es
	Laura Ares Santos	OP	laurares@ucm.es
L2	J.M. Ortiz de Zárate (1er sem.Termo)	EMFTEL	jmortizz@ucm.es
	Rodrigo García Hernansanz (2º sem. Termo)		rodgar01@ucm.es
	Nevenko Biskup (1er semestre. MyO)	FM	nbiskup@pdi.ucm.es
	Fabián Cuellar (2º semestre. MyO)		facuella@ucm.es
	Andrey Malyshev (EyM)	FM	a.malyshev@fis.ucm.es
	Laura Ares Santos	OP	laurares@ucm.es
L3	Alberto Domínguez (Termo)	EMFTEL	alberto@gae.ucm.es
	Ruth Martínez (1er semestre. MyO)	FM	ruthmcasado@gmail.com
	Emilio Nogales (2º semestre. MyO)		emilio.nogales@fis.ucm.es
	Alberto Rivera (EyM)		alberto.rivera@ucm.es
	Laura Ares Santos	OP	laurares@ucm.es
L4	Raul de Diego (1er sem. Termo)	EMFTEL	radiego@ucm.es
	Carmen G. Payo (2o sem. Termo)		mcgpayo@ucm.es
	Ruth Martínez (1er semestre. MyO)	FM	ruthmcasado@gmail.com
	Marina García (2º semestre. MyO)		margar02@ucm.es
	Andrey Malyshev (EyM)		a.malyshev@fis.ucm.es
	Laura Ares Santos	OP	laurares@ucm.es
L5	Amparo Izquierdo (1er sem. Termo)	EMFTEL	amparo@ucm.es
	Ricardo Brito (2o sem. Termo)		brito@ucm.es
	Ruth Martínez (1er semestre. MyO)	FM	ruthmcasado@gmail.com
	Emilio Nogales (2º semestre. MyO)		emilio.nogales@fis.ucm.es
	Andrey Malyshev (EyM)		a.malyshev@fis.ucm.es
	Oscar Pérez Benito	OP	oscper03@ucm.es
L6	Juan Pedro G. Villaluenga (1er s. Termo)	EMFTEL	juanpgv@fis.ucm.es
	Jorge Contreras (2o sem. Termo)		jcontr01@ucm.es
	Ruth Martínez (1er semestre. MyO)	FM	ruthmcasado@gmail.com
	Manuel Alonso (2º semestre. MyO)		manalo01@ucm.es
	Yanicet Ortega (EyM)		yanicet@fis.ucm.es
	Oscar Pérez Benito	OP	oscper03@ucm.es
L7	J.M. Ortiz de Zárate (Termo)	EMFTEL	jmortizz@ucm.es
	Ruth Martínez (1er semestre. MyO)	FM	ruthmcasado@gmail.com
	Antonio Vázquez (2º semestre. MyO)		antvaz01@ucm.es
	Andrey Malyshev (EyM)		a.malyshev@fis.ucm.es
	Oscar Pérez Benito	OP	oscper03@ucm.es
L8	Armando Relaño (Termo)	EMFTEL	armando.relano@fis.ucm.es
	Beatriz Rodilla (1er semestre. MyO)	FM	bearodil@ucm.es
	Antonio Vázquez (2º semestre. MyO)		antvaz01@ucm.es
	Yanicet Ortega (EyM)		yanicet@fis.ucm.es
	Profesor Contratado Doctor	OP	

Laboratorios – Detalle de profesorado			
Grupo	**Profesor**	**Dpto**	**e-mail**
L9	Cristina Rincón (1er sem., Termo)	EMFTEL	crrincon@ucm.es
	Raul de Diego (2o sem., Termo)		radiego@ucm.es
	Javier Bartolomé (1er semestre. MyO)	FM	j.bartolome@fis.ucm.es
	Manuel Alonso (2º semestre. MyO)		manalo01@ucm.es
	Rainer Schmidt (EyM)		rschmidt@ucm.es
	Oscar Pérez Benito	OP	oscper03@ucm.es
L10	Cristina Rincón (1er sem., Termo)	EMFTEL	crrincon@ucm.es
	J.M. Ortiz de Zárate (2º sem. Termo)		jmortizz@ucm.es
	Ruth Martínez (1er semestre. MyO)	FM	ruthmcasado@gmail.com
	Irene Morales (2º semestre. MyO)		irenemorales@ucm.es
	Zouhair Sefrioui (EyM)		sefrioui@ucm.es
	Oscar Pérez Benito	OP	oscper03@ucm.es
L11	Cristina Rincón (1er sem. Termo)	EMFTEL	crrincon@ucm.es
	Alejandro López Montes (2º sem. Termo)		alelopez@ucm.es
	Ruth Martínez (1er semestre. MyO)	FM	ruthmcasado@gmail.com
	Manuel Alonso (2º semestre. MyO)		manalo01@ucm.es
	Zouhair Sefrioui (EyM)		sefrioui@ucm.es
	Oscar Pérez Benito	OP	oscper03@ucm.es
L12	J.M. Ortiz de Zárate (1er sem. Termo)	EMFTEL	jmortizz@ucm.es
	Armando Relaño (2º sem. Termo)		armando.relano@fis.ucm.es
	Andrea Peralta (1er semestre. MyO)	FM	anperalt@ucm.es
	Manuel Alonso (2º semestre. MyO)		manalo01@ucm.es
	Zouhair Sefrioui (EyM)		sefrioui@ucm.es
	Profesor Contratado Doctor	OP	
L13	Cristina Rincón (1er sem., Termo)	EMFTEL	crrincon@ucm.es
	Raul de Diego (2o sem., Termo)		radiego@ucm.es
	Beatriz Rodilla (1er semestre. MyO)	FM	bearodil@ucm.es
	Marina García (2º semestre. MyO)		margar02@ucm.es
	Zouhair Sefrioui (EyM)		sefrioui@ucm.es
	Oscar Pérez Benito	OP	oscper03@ucm.es
L14	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**		
L15 SOLO DOBLE GRADO	Raul González Jiménez (1er sem. T)	EMFTEL	raugonjim@gmail.com
	Cristina Rincón (2do semestre, Termo)		crrincon@ucm.es
	Elena Díaz (1er semestre. MyO)	FM	elenadg@fis.ucm.es
	Juan Ignacio Beltrán (2º semestre. MyO)		juanbelt@ucm.es
	Alberto Rivera (EyM)	FM	alberto.rivera@ucm.es
	Profesor Contratado Doctor	OP	
L16 SOLO DOBLE GRADO	Raul González Jiménez (1er sem. T)	EMFTEL	raugonjim@gmail.com
	Cristina Rincón (2do semestre, Termo)		crrincon@ucm.es
	Belén Sotillo (1er semestre. MyO)	FM	bsotillo@ucm.es
	Juan Ignacio Beltrán (2º semestre. MyO)		juanbelt@ucm.es
	Alberto Rivera (EyM)	FM	alberto.rivera@ucm.es
	Profesor Contratado Doctor	OP	

Calendario y horario de Laboratorios		Nº sesiones	21
Grupo	**Fechas**	**Horas**	**Lab.**
L1	14/10/19 - 21/10/19 - 28/10/19 - 04/11/19	9:30-12:30	Termo
	11/11/19 - 18/11/19 - 25/11/19 - 02/12/19	9:30-13:30	MyO
	10/02/20 - 17/02/20 - 24/02/20	9:30-13:30	EyM
	02/03/20 - 09/03/20 - 16/03/20 - 23/03/20 - 30/03/20	9:30-13:30	Termo
	20/04/20 - 27/04/20 - 04/05/20	9:30-13:30	MyO
	29/04/20 - 06/05/20	9:30-11:30	FQ
L2	15/10/19 - 22/10/19 - 29/10/19 - 05/11/19	9:30-13:30	MyO
	12/11/19 - 19/11/19 - 26/11/19 - 03/12/19	10:00-13:00	Termo
	11/02/20 - 18/02/20 - 25/02/20	9:30-13:30	EyM
	03/03/20 - 10/03/20 - 17/03/20 - 24/03/20 - 31/03/20	10:00-14:00	Termo
	14/04/20 - 21/04/20 - 28/04/20	9:30-13:30	MyO
	27/04/20 - 04/05/20	9:30-11:30	FQ
L3	16/10/19 - 23/10/19 - 30/10/19 - 06/11/19	10:00-13:00	Termo
	13/11/19 - 20/11/19 - 27/11/19 - 04/12/19	9:30-13:30	MyO
	12/02/20 - 19/02/20 - 26/02/20 - 04/03/20 - 11/03/20	10:00-14:00	Termo
	18/03/20 - 25/03/20 - 01/04/20	9:30-13:30	MyO
	15/04/20 - 22/04/20 - 29/04/20	9:30-13:30	EyM
	27/04/20 - 04/05/20	11:30-13:30	FQ
L4	17/10/19 - 24/10/19 - 31/10/19 - 07/11/19	9:30-13:30	MyO
	14/11/19 - 21/11/19 - 28/11/19 - 05/12/19	10:00-13:00	Termo
	13/02/20 - 20/02/20 - 27/02/20 - 05/03/20 - 12/03/20	10:00-14:00	Termo
	19/03/20 - 26/03/20 - 02/04/20	9:30-13:30	MyO
	16/04/20 - 23/04/20 - 30/04/20	9:30-13:30	EyM
	29/04/20 - 06/05/20	11:30-13:30	FQ
L5	16/10/19 - 23/10/19 - 30/10/19 - 06/11/19	9:30-13:30	MyO
	13/11/19 - 20/11/19 - 27/11/19 - 04/12/19	10:30-13:30	Termo
	12/02/20 - 19/02/20 - 26/02/20	9:30-13:30	MyO
	04/03/20 - 11/03/20 - 18/03/20	9:30-13:30	EyM
	25/03/20 - 01/04/20 - 15/04/20 - 22/04/20 - 29/04/20	10:00-14:00	Termo
	28/04/20 - 05/05/20	09:30-13:30	FQ
L6	17/10/19 - 24/10/19 - 31/10/19 - 07/11/19	10:00-13:00	Termo
	14/11/19 - 21/11/19 - 28/11/19 - 05/12/19	9:30-13:30	MyO
	13/02/20 - 20/02/20 - 27/02/20	9:30-13:30	MyO
	05/03/20 - 12/03/20 - 19/03/20	9:30-13:30	EyM
	26/03/20 - 02/04/20 - 16/04/20 - 23/04/20 - 30/04/20	10:00-14:00	Termo
	28/04/20 - 05/05/20	11:30-13:30	FQ

Calendario y horario de Grupos de Laboratorios (Continuación)			
Grupo	**Fechas**	**Horas**	**Lab.**
L7	14/10/19 - 21/10/19 - 28/10/19 - 04/11/19	15:00-19:00	MyO
	11/11/19 - 18/11/19 - 25/11/19 - 02/12/19	15:00-18:00	Termo
	10/02/20 - 17/02/20 - 24/02/20	15:00-19:00	MyO
	02/03/20 - 09/03/20 - 16/03/20	15:00-19:00	EyM
	23/03/20 - 30/03/20 - 20/04/20 - 27/04/20 – 04/05/20	15:00-19:00	Termo
	28/04/20 - 05/05/20	15:00-17:00	FQ
L8	13/11/19 - 20/11/19 - 27/11/19 - 04/12/19	15:00-18:00	Termo
	16/10/19 - 23/10/19 - 30/10/19 - 06/11/19	15:00-19:00	MyO
	04/03/20 - 11/03/20 - 18/03/20	15:00-19:00	EyM
	12/02/20 - 19/02/20 - 26/02/20	15:00-19:00	MyO
	25/03/20 - 01/04/20 - 15/04/20 - 22/04/20 - 29/04/20	15:00-19:00	Termo
	27/04/20 - 04/05/20	17:00-19:00	FQ
L9	14/11/19 - 21/11/19 - 28/11/19 - 05/12/19	15:00-19:00	MyO
	17/10/19 - 24/10/19 - 31/10/19 - 07/11/19	17:30-20:30	Termo
	13/02/20 - 20/02/20 - 27/02/20	15:00-19:00	EyM
	05/03/20 - 12/03/20 - 19/03/20	15:00-19:00	MyO
	26/03/20 - 02/04/20 - 16/04/20 - 23/04/20 - 30/04/20	14:00-18:00	Termo
	27/04/20 - 04/05/20	15:00-17:00	FQ
L10	14/10/19 - 21/10/19 - 28/10/19 - 04/11/19	17:30-20:30	Termo
	11/11/19 - 18/11/19 - 25/11/19 - 02/12/19	15:00-19:00	MyO
	10/02/20 - 17/02/20 - 24/02/20 – 02/03/20 – 09/03/20	15:00-19:00	Termo
	16/03/20 - 23/03/20 - 30/03/20	15:00-19:00	MyO
	20/04/20 - 27/04/20 - 04/05/20	15:00-19:00	EyM
	28/04/20 - 05/05/20	17:00-19:00	FQ
L11	15/10/19 - 22/10/19 - 29/10/19 - 05/11/19	15:00-19:00	MyO
	12/11/19 - 19/11/19 -26/11/19 - 03/12/19	17:30-20:30	Termo
	11/02/20 - 18/02/20 -25/02/20 - 03/03/20 - 10/03/20	15:00-19:00	Termo
	17/03/20 - 24/03/20 - 31/03/20	15:00-19:00	EyM
	14/04/20 - 21/04/20 - 28/04/20	15:00-19:00	MyO
	29/04/20 - 06/06/20	15:00-17:00	FQ
L12	16/10/19 - 23/10/19 - 30/10/19 - 06/11/19	15:00-18:00	Termo
	13/11/19 - 20/11/19 - 27/11/19 - 04/12/19	15:00-19:00	MyO
	12/02/20 - 19/02/20 - 26/02/20 – 04/03/20 - 11/03/20	15:00-19:00	Termo
	18/03/20 - 25/03/20 - 01/04/20	15:00-19:00	MyO
	15/04/20 - 22/04/20 - 29/04/20	15:00-19:00	EyM
	30/04/20 - 07/05/20	17:00-19:00	FQ

Calendario y horario de Grupos de Laboratorios (Continuación)			
Grupo	**Fechas**	**Horas**	**Lab.**
L13	17/10/19 - 24/10/19 - 31/10/19 - 07/11/19	15:00-19:00	MyO
	14/11/19 - 21/11/19 - 28/11/19 - 05/12/19	17:30-20:30	Termo
	13/02/20 - 20/02/20 - 27/02/20 - 05/03/20 - 12/03/20	14:00-18:00	Termo
	19/03/20 - 26/03/20 - 02/04/20	15:00-19:00	EyM
	16/04/20 - 23/04/20 - 30/04/20	15:00-19:00	MyO
	29/04/20 - 06/05/20	17:00-19:00	FQ
L14	**ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)**		
L15 **SOLO DOBLE GRADO**	27/09/19 - 04/10/19 - 11/10/19 - 18/10/19	10:30-14:30	MyO
	25/10/19 - 08/11/19 - 22/11/19 - 29/11/19	11:00-14:00	Termo
	07/02/20 - 14/02/20 - 21/02/20 - 28/02/20 - 06/03/20	15:00-19:00	Termo
	13/03/20 - 20/03/20 - 27/03/20	13:30-17:30	EyM
	17/04/20 - 24/04/20 - 08/05/20	13:30-17:30	MyO
	X 22/04/20 (si grupo D de Estructura de la Materia con clases M y J)	12:30-14:30 15:30-17:30	FQ
L16 **SOLO DOBLE GRADO**	27/09/19 - 04/10/19 - 11/10/19 - 18/10/19	11:00-14:00	Termo
	25/10/19 - 08/11/19 - 22/11/19 - 29/11/19	10:30-14:30	MyO
	07/02/20 - 14/02/20 - 21/02/20	13:30-17:30	EyM
	28/02/20 - 06/03/20 - 13/03/20	13:30-17:30	MyO
	20/03/20 - 27/03/20 - 17/04/20 - 24/04/20 - 08/05/20	15:00-19:00	Termo
	M 21/04/20 (si grupo C de Estructura de la Materia con clases L y X)	12:30-14:30 15:30-17:30	FQ

Programa teórico de la asignatura (1º semestre)

1. Concepto de temperatura y equilibrio térmico. Escalas termométricas.
2. Calorimetría. Calores específicos. Calor sensible y calor latente.
3. Transiciones de fase de primer orden. Ecuación de Clausius-Clapeyron.
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. El algoritmo *solver* de MS-Excel.
2. Calores específicos de sólidos. Temperatura de Debye.
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	1.5
7. Entalpía de vaporización del agua	0.5
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. Espectro visible del sodio	1
5. Movimiento browniano	1
6. Resonancia paramagnética de espín	1
7. Efecto fotoeléctrico: Constante de Planck	1

Bibliografía

Básica

- *Introducción a la Termodinámica,* C. Fernández-Pineda y S. Velasco. Ed. Síntesis (2009).
- *Termodinámica*, J. Aguilar. Ed. Pearson Educación (2006).
- *Física. Vol. 1. Mecánica.* M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1999).
- *Física. Vol. 2. Campos y Ondas.* M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1998).
- *Física. Vol. 3. Fundamentos Cuánticos y Estadísticos.* M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1986).
- *Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias*, J. Gorgas, N. Cardiel y J. Zamorano (disponible en: http://www.ucm.es/info/Astrof/user/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf)

Complementaria

- *Termodinámica*, H.B. Callen. Ed. AC (1985).
- *Termodinámica*, C. Fernández-Pineda y S. Velasco. Ed. Ramón Areces (2009).
- *Berkeley Physics Course. Volumen 1. Mecánica.* Kittel. Ed. Reverté (2005).
- *Berkeley Physics Course. Volumen 3. Ondas.* Crawford. Ed. Reverté (2003).

Recursos en internet

La asignatura está dada de alta en el Campus Virtual.

En el Campus Virtual de la asignatura existen enlaces a otros recursos.

Metodología

La asignatura consta de clases teóricas y sesiones de laboratorio.

Las clases teóricas constarán de exposiciones del profesor. Se impartirán clases teóricas sobre Termodinámica, Mecánica y Ondas, Electricidad y Magnetismo y Estadística Básica.

Las sesiones de laboratorio se realizarán por parejas de alumnos que se mantendrán durante todo el curso. Los alumnos dispondrán con antelación de los guiones de las prácticas en el Campus Virtual, que deberán haber estudiado antes del inicio de la correspondiente práctica.

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

Evaluación: TERMODINÁMICA		
Realización de exámenes	**Peso:**	30%
Examen escrito al final de cada cuatrimestre		
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 (1 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 y respondiendo las cuestiones planteadas al final del guion de las prácticas asignadas. El cuestionario, debidamente respondido, se entregará en un plazo máximo de una semana 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 **2019-20**)

Classical Mechanics		**Code**	800498	**Year**	2º	**Sem.**	1º
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, Fundamentals of Physics I.

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	9	Mo, We, Th	10:30-12:00 09:00-11:00 09:00-10:30	Artemio González López	Full term	61.5	T/E	FT
				Diego Rubiera García		6		

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Artemio González López	Tu, Fri: 11:30-12:30 and 14:30-16:00 (from 5-09-19 to 16-10-19) Tu: 10:30-13:00 and 14:30-16:30, We: 14:30-16:00 (from 17-10-19 to 24-01-20)	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.

Complementary:

- F. Gantmacher, *Lectures in Analytical Mechanics,* MIR Publications, 1975.
- H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, *Classical Mechanics,* 3rd edition, Addison Wesley, 2002.
- L.D. Landau, E.M. Lifshitz, *Mechanics* (Course of Theoretical Physics, vol. 1), 3rd edition, Butterworth-Heinemann, 1976.
- L. Meirovitch, *Methods of Analytical Dynamics,* Dover, 2010.
- F.A. Scheck, *Mechanics: From Newton's Laws to Deterministic Chaos,* 4th edition, Springer, 2005.
- W. Rindler, *Introduction to Special Relativity,* Oxford, 1991.

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

Methodology
Lectures will consist of theoretical explanations (including examples) and problem solving sessions. The corresponding problems will be made available to the students in advance through UCM's "Campus Virtual" at the beginning of each topic. The instructor will answer both theoretical and problem-related questions from the students during his office hours.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	70%
The final exam will consist of a number of practical problems similar in difficulty to those solved during the lectures.		
Other Activities	**Weight:**	30%
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 **2019-20**)

Thermodynamics			**Code**	800499	**Year**	2º	**Sem.**	1º
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	116	**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	9	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	Thu 09.00-12.00 (+3h online)	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
The following formative activities will be developed: - Theory lessons where the main concepts of the subject will be explained (3 hours per week) - Practical lessons involving resolution of exercises and supervised activities (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.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	80 %
There will be a final exam consisting of two parts: a theoretical and/or practical questions part and a problems resolution part. For the second part of the exam student are allowed to use class notes and theory books selected by them.		
Other Activities	**Weight:**	20 %
The continuous assessment activities will consist of problems and/or exercises delivered throughout the course to be solved individually and/or in group, and/or small individual and/or collective tests carried out during the course.		
Final Mark		
The final grade (F) will the best of the following two: $F = 0.2\,A + 0.8\,E$ $\qquad$ $F = E$ 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 July exam session, as well as the corresponding grade for other activities.		

Bachelor in Physics
(Academic Year **2019-20**)

Electromagnetism I		**Code**	800501	**Year**	2º	**Sem.**	1º
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	Jacobo Santamaría Sánchez-Barriga		**Dept.**	FM
	Room	118, 3rd floor	**e-mail**	jacsan@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	9	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	Tu 12:00-15:00	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

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.

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

The final grade will be the best score of the following options:

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

where $N_{OtherActiv}$ is the grade corresponding to the *Other Activities* score and N_{Final} is the final exam score.

The final grade in June will be obtained following exactly the same assessment procedure.

Bachelor in Physics
(Academic Year **2019-20**)

Mathematical Methods I	**Code**	800504	**Year**	2º	**Sem.**	1º
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	Luis Javier Garay Elizondo		**Dept.**	Theoretical Physics
	Room	16 (2nd floor, West wing)	**e-mail**	luisj.garay@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	9	Tu, Wed Fr	12:00-13:00 12:00-13:30 11:00-12:30	Luis J. Garay Elizondo	Whole semester	48	T/E	Theoretical Physics
				José M. Alarcón Soriano		6	E	

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Luis J. Garay Elizondo	Thursdays, 9:00-15:00	luisj.garay@ucm.es	Office 16, 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

- Theory lectures to present and explain the basic concepts, examples and applications
- Problem-solving sessions

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 soving doubts.
- Handouts will be available in the web page prior to the the corresponding problem-solving sessions

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 **2019-20**)

Optics			**Code**	800500	**Year**	2º	**Sem.**	2º
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	Gemma Piquero Sanz			**Dept.**	OP
	Room	11	**e-mail**	piquero@fis.ucm.es	

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	9	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	Mon, Tue: 14:00-16:00 Fri: 12:00-14:00	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:

R. W. Ditchburn, *Light* (Blackie and Son edition, 2nd Ed., 1963).

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. A. Jenkins & Harvey E. White, *Fundamentals of Optics* (McGraw-Hill,4th Ed., 1981).

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

Supplementary:

S. A. Akhmanov and S. Yu. Nikitin, *Physical Optics* (Clarendon Press, 1997).

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

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

G. R. Fowles, *Introduction to Modern Optics* (Dover, 1989).

B. E. A. Saleh and M. C. Teich, *Fundamentals of photonics* (Wiley, 2nd Ed., 2007).

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

Online Resources

Notes on the classes delivered, exercises and any other additional or supplementary material of interest will be provided through the Virtual Campus.

Methodology

The course includes the following training activities:

- Theory lectures, where the contents of the course will be presented and discussed, illustrated by means of examples and applications.
- Practice sessions, aimed at problem solving and where teaching experiences may also be delivered, as well as other activities, e.g., focused discussions, oral presentations, etc.
- Tutorials, aimed at discussing and solving technical questions either at a personal level or in small groups.

In the classroom, the teacher may make use of the blackboard, multimedia resources (e.g., projected presentations), computer simulations, etc.

The Virtual Campus will be used to promote and support both the contact and the exchange of information with students.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	55 %
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 consist of the following contributions:

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 + 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 June-July extraordinary final exam.

Bachelor in Physics
(Academic Year **2019-20**)

Electromagnetism II	**Code**	800502	**Year**	2º	**Sem.**	2º
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 Juan Jiménez Rodriguez		**Dept.**	EMFTEL
	Room	111, 3ª PL	**e-mail**	jjjr@fis.ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	9	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, Th: 14:00-15:30	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. Systems of conductors. Method of images. Separation of variables.

3.- Monochromatic plane waves

Harmonic fields. Monochromatic plane waves. Propagation in dielectrics and conductors. Polarization of plane waves. 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. Radiation emitted by accelerated charges. Radiation reaction. Dipolar radiation: electric and magnetic dipoles. Radiation from arbitrary sources: antennas.

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.

Methodology

The following training activities will be developed:

- Theory lessons (lectures) where most of the main concepts will be explained, including examples and applications.
- Problem-solving practical lessons.

In theory lessons both the board and slides will be used. Sometimes these lessons will be complemented with computer simulations and virtual experiments.

The problems of each lesson will be delivered to the students before their solving in the classroom. Also, briefings and documents of some special subjects will be distributed.

Short tests, solved problems and short classroom seminars will be considered as a part of the continuous assessment.

Evaluation Criteria

Exams	Weight:	80%

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. For the second part of the exam, the student can use a set of formulas (one sheet), which will be handed over by the teacher at least one week before the exam. The student should print it and take it to the exam, without any marks or amendments.

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 tests in 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:

$$C_{Final} = 0.2N_{Other_activ} + 0.8N_{Final} \quad \text{and} \quad C_{Final} = N_{Final},$$

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 **2019-20**)

Quantum Physics I		**Code**	800503	**Year**	2º	**Sem.**	2º
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	Fernando Ruiz Ruiz		**Dept.**	FT
	Office	9. 3rd floor. West wing	**e-mail**	

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	9	Mo,Tu Fr	9:00-10:30 9:00-10:00	Carmelo Pérez Martín	Full term	51	T/E	FT
				Pablo A. Moreno Casares		3	E	

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
	Pablo A. Moreno Casares	Wed & Thu: 14:00-15:00	pabloamo@ucm.es	2 3rd floor. West

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
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. C) That the student participates in discussions in the classroom and attends tutorials will be very much encouraged.

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 formula 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 **2019-20**)

Mathematical Methods II			**Code**	800505	**Year**	2º	**Sem.**	2º
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	Federico Finkel Morgenstern		**Dept.**	FT
	Room	20	**e-mail**	ffinkel@ucm.es

Theory/Exercises – Schedule and Teaching Staff

Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	T/E	Dept.
B	9	Mo Th	12:00-14:00 10:00-12:00	Manuel Mañas Baena	Full semester	44	T/E	FT
				Valentin Boyanov Savov	Full semester	10	E	FT

T: Theory, E: Exercises

Office hours

Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	Manuel Mañas Baena	Tue, Wed, Fri: 12:00-13:00 Three hours/week online	manuel.manas@ucm.es	Office 10 2nd floor West
	Valentin Boyanov Savov	Mon, Fri: 14:00-16:00	vboyanov@ucm.es	Office 15 2nd floor West

Syllabus

1.- Introduction to Linear Partial Differential Equations. Linear PDEs. Boundary and initial value problems. Linear differential operators. Eigenvalue problems in 1D. Boundary value problems in Geophysics, Electromagnetism, Fluid Dynamics and Quantum Physics.

2.- Separation of variables. Homogeneous and separable linear PDEs. Linear separable and homogeneous boundary value problems. Application to the equations of Mathematical Physics. The Helmholtz equation in Cartesian coordinates.

3.- Symmetric linear differential operators in Hilbert spaces. Hilbert spaces. Orthogonal sets of functions. Symmetric differential operators. Sturm—Liouville theory.

4.- Fourier series and Fourier transforms. Fourier trigonometric bases. Fourier expansions. Convergence of Fourier series. Fourier transform.

5.- Eigenfunctions expansions. The eigenfunction expansion method (EEM). The EEM in boundary and initial value problems. The EEM and the Fourier transform.

6.- Special functions. Frobenius series. Ordinary and singular regular points. Expansions around ordinary points. Expansions around singular regular points. The Bessel equation. The Euler's Gamma function.

7.- PDEs in curvilinear coordinates. Helmholtz equation in cylindrical coordinates. Helmholtz equation in spherical coordinates

Bibliography

Basic:

- *Applied Partial Differential Equations with Fourier Series and Boundary Value Problems.* Richard Haberman. Pearson Education Limited (2013).
- *Boyce's Elementary Differential Equations and Boundary Value.* William E. Boyce, Richard C. DiPrima, Douglas B. Meade. John Wiley & Sons Inc (2017).

Complementary:

- *Partial Differential Equations*, Peter J. Olver, Springer
- *Fourier Series.* Georgi Tolstov. Dover
- *Ecuaciones Diferenciales II*. Manuel Mañas Baena y Luis Martínez Alonso. (http://eprints.ucm.es/31464/1/Manuel.pdf

Online Resources

We will use the UCM's Moodle facility (Campus Virtual)

Methodology

We will follow the material uploaded to the Moodle platform. In particular, The professor lecture notes. The classes will be divided in theoretical and practical, solving in these last ones' exercises from the professor lecture notes.

Evaluation Criteria		
Exams	**Weight:**	65%
The final exam (ordinary or extraordinary in June-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 June-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 **2019-20**)

Physics Laboratory II		**Code**	800506	**Year**	2º	**Sem.**	Annual
Module	General Core	**Topic**	Physics Laboratory		**Character**	Obligatory	

	Total	**Theory**	**Exercises**
ECTS Credits	7.5	1.4	6.1
Hours	88	11.5	76.5

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 have studied Thermodynamics, Classical Mechanics and Quantum Physics I.

Coordinators	José María Ortiz de Zárate Leira		**Dept.**	EMFTEL
	Room	112 – First Floor	**e-mail**	jmortizz@ucm.es
	Charles Creffield		**Dept.**	FM
	Room	107-Second Floor	**e-mail**	c.creffield@fis.ucm.es

Theory – Schedule and Teaching Staff							
Group	Lecture Room	Day	Time	Professor	Period/ Dates	Hours	Dept.
B	9	Th (sem.1)	12:00-13:30	J.M. Ortiz de Zárate		7.5	EMFTEL
				Charles Creffield		4.5	FM
		Fr (sem.2)	12:00-13:30	Rocío Ranchal Sánchez		1.5	FM

Office hours				
Group	Professor	Schedule	E-mail	Location
B	J.M. Ortiz de Zárate	Tue: 16:00-18:00 Thur: 11:00-13:00	jmortizz@ucm.es	Off. 112 2nd floor
	Charles Creffield	Tue, Thu & Fri: 11:00-13:00	c.creffield@fis.ucm.es	Off. 107 2nd floor

Laboratories – Groups in English and Teaching staff			
Group	Professor	Dpto	e-mail
L14	Brian D. Reding (Thermodynamics)	EMFTEL	breding@ucm.es
	Ándrey Malyshev (1st semester. M&W)	FM	a.malyshev@fis.ucm.es
	Charles Creffield (2nd semester. M&W)	FM	c.creffield@fis.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
L14	Oct15th/19, Oct22nd/19, Oct29th/19, Nov11th/19	15:00-18:00	Thermo
	Nov12th/19, Nov19th/19, Nov26th/19, Dec3rd/19	15:00-19:00	M&W
	Feb11th/20, Feb18th/20, Feb25th/20	15:00-19:00	E&M
	Mar3rd/20, Mar10th/20, Mar17th/20	15:00-19:00	M&W
	Mar24th/20, Mar31st/20, Apr14th/20, Apr21st/20, Apr28th/20	15:00-19:00	Thermo
	Apr30th/20,May7th/20	15:00-17:00	QP

IMPORTANT NOTICE: Inscription of students in the various laboratory groups (including L14) is only possible through the UCM online registration system. Only one laboratory group in English is currently scheduled, with a limited number of places. In case that group is filled up, students should register in one of the Spanish groups (L01-L13, 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 group (L14), giving Group B students priority

Syllabus. Theoretical classes. Fall Semester
8. Temperature and thermal equilibrium. Thermometric scales. 9. Calorimetry. Specific heat. Sensible heat and latent heat. 10. First order phase transitions. The Clausius-Clapeyron equation. 11. Law of the conservation of energy. Total mechanical energy, kinetic energy and potential energy. 12. Rotational movement of a rigid body. Precession and nutation of a gyroscope. 13. Coupled oscillators. Normal modes of oscillation. 14. Stokes viscometer. Terminal velocity.
Syllabus. Theoretical classes. Spring Semester
10. Data analysis. Non-linear curve fitting. The *solver* algorithm of MS-Excel. 11. Specific heats as a function of temperature. Debye model. 12. Real gases. Critical points. 13. Thermal conductivity. 14. Propagation of surface waves in water. 15. Acoustic waves. Interference. 16. Stationary waves on a string. Harmonics. 17. Revision of alternating current. 18. 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	1.5
7. Enthalpy of vaporization of water	0.5
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. 1 per session)	Sessions
1.- Blackbody radiation: Stefan-Boltzman law	1
2. Franck-Hertz experiment	1
3. Balmer's spectral lines	1
4. Sodium visible spectrum	1
5. Brownian motion	1
6. Paramagnetic spin resonance	1
7. Photoelectric effect	1

Bibliography

Basic

- *Introducción a la Termodinámica,* C. Fernández-Pineda y S. Velasco. Ed. Síntesis (2009).
- *Termodinámica*, J. Aguilar. Ed. Pearson Educación (2006).
- *Física. Vol. 1. Mecánica.* M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1999).
- *Física. Vol. 2. Campos y Ondas.* M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1998).
- *Física. Vol. 3. Fundamentos Cuánticos y Estadísticos.* M. Alonso, E. J. Finn. Ed. Addison Wesley Logman (1986).
- *Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias*, J. Gorgas, N. Cardiel y J. Zamorano (available at: http://www.ucm.es/info/Astrof/user/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf)

Complementary

- *Termodinámica*, H.B. Callen. Ed. AC (1985).
- *Termodinámica*, C. Fernández-Pineda y S. Velasco. Ed. Ramón Areces (2009).
- *Berkeley Physics Course. Volumen 1. Mecánica.* Kittel. Ed. Reverté (2005).
- *Berkeley Physics Course. Volumen 3. Ondas.* Crawford. Ed. Reverté (2003).

Online Resources

This course has a dedicated site at the UCM intranet (Campus Virtual)

Links to additional online resources can be found on the Campus Virtual site

Methodology

The course has classroom lectures during the first weeks of each semester, and 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 Professor will be present to assist the students (with further explanations, answering questions, results, and so on).

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 ≥ 40% and all laboratory grades ≥ 50%.		

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 sesssions the profesor 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 practicals. 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
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 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	M3	L M,J	9:00-10:00 9:00-10:30	Francisco J. Cao García	Según del desarrollo de la asignatura	44	T y P	EMFTEL
				Marcos López Moya		10	T y P	EMFTEL
B	1	L X J	10:00-11:30 10:30-11:30 10:30-12:00	Francisco Navarro Lérida	Todo el semestre	54	T y P	FT
C	M3	M J	15:00-17:00 16:00-18:00	Juan M. Rodríguez Parrondo	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
D	1	X V	16:00-18:00 15:00-17:00	Juan M. Rodríguez Parrondo	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,X,J: 10:30-11:30 *	francao@fis.ucm.es	despacho en pasillo frente a 216. 3ª planta. Central
	Marcos López Moya	M,X: 14:00-17:00	marcolop@ucm.es	220. 3ª Planta Módulo Central
B	Francisco Navarro Lérida	L,M,X: 15:00-17:00	fnavarro@fis.ucm.es	25 3ª Planta Oeste
C y D	Juan M. Rodríguez Parrondo	M,J: 12:00-13:30 18:00-19:00 *	parrondo@fis.ucm.es	216 (3ª Pl. Módulo Central)

* 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-Tannudji, Bernard Diu y Frank Laloë, *Quantum Mechanics Vols I y II,* Wiley 1977.

• 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

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones (2.5 horas semanales en media)

• Clases prácticas de problemas (1.5 horas semanales en media)

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.

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 procurará que todo el material de la asignatura esté disponible para los alumnos a través de Internet, en particular en el Campus Virtual.

Evaluación		
Examen final	**Peso: (*)**	75%
Se realizará un examen final que consistirá fundamentalmente en una serie de cuestiones teóricas breves y de problemas sobre los contenidos explicados durante el curso y de dificultad similar a los propuestos en la colección de problemas. Para aprobar la asignatura será necesario obtener una nota mínima compensable 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, que podrán realizarse o ser resueltos durante las clases. • 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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

(*) Obsérvese que estos pesos no aplican si la calificación del final es inferior a la mínima compensable o superior a la media ponderada de los dos apartados, en cuyo caso el peso del primero será del 100%

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	M3	L X J	10:00–11:30 10:30-11:30 10:30–12:00	Relaño Pérez, Armando	Todo el semestre	42	T	EMFTEL
				Valeriani, Chantal	Según avance el temário	12	P	EMFTEL
B	1	L M,X	9:00–10:00 9:00–10:30	Garcia Payo, Mª Carmen	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
C	M3	X V*	16:00-18:00 16:30-18:30	Brito López, Ricardo	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
D	1	M J	15:00-17:00 16.00-18:00	Brito López, Ricardo	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL

**Adelantará su horario a las 15:00-17:00 a partir de la cuarta semana (4 octubre)*

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Relaño Pérez, Armando	L: 16:30-18:00 V: 11:30-13:00 (+3h no pr.)	armando.relano@fis.ucm.es	110. 1ª pl. Este
	Valeriani, Chantal	M,J: 13:00-14:30	cvaleriani@ucm.es	D. 119, 1ª pl. Este
B	García Payo, Mª Carmen	X: 11:30-13:00 V: 11:30-14:00 (+2h no pr.)	mcgpayo@ucm.es	D. 115, 1ª pl. este Decanato, 1ª pl.
C	Brito López, Ricardo	M,J: 12:00–13:30 (3h no pr. de L-V)	brito@fis.ucm.es	Despacho:114.0. (1ª Planta Este)
D	Brito López, Ricardo	M,J: 12:00–13:30 (3h no pr. de L-V)	brito@fis.ucm.es	Despacho:114.0. (1ª Planta Este)

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.
Postulados 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.

5.- Estadística de Maxwell-Boltzmann.
Estadística de los números de ocupación. Gases de fotones y de fonones.

6.- Colectividad Macrocanónica.
Potencial químico. Distribución macrocanónica. Potencial de Landau. Estadísticas cuánticas: bosones y fermiones. 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
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.

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 2019-20)

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					
	Rocío Ranchal Sánchez			Dpto.	FM
	Despacho	106	e-mail	rociran@ucm.es	
	Julio Serna Galán			Dpto.	OP
	Despacho	O1-D12	e-mail	azul@ucm.es	

Grupo Teoría	Profesor	Horas	Dpto.	e-mail
A	Rocío Ranchal Sánchez Mª Cruz Navarrete Fernández	1.5 7.5	FM OP	rociran@ucm.es mcnavarr@fis.ucm.es
B	Rocío Ranchal Sánchez Alfredo Luis Aina	1.5 7.5	FM OP	rociran@ucm.es alluis@fis.ucm.es
C	Rocío Ranchal Sánchez Alfredo Luis Aina	1.5 7.5	FM OP	rociran@ucm.es alluis@fis.ucm.es
D	Rocío Ranchal Sánchez Mª Cruz Navarrete Fernández	1.5 7.5	FM OP	rociran@ucm.es mcnavarr@fis.ucm.es

Horarios de clases teóricas 2019/20 (cuatro primeras semanas)				
Grupo	**Día**	**Horas**	**Aula**	**Tutorías**
A	OPT: 9, 11, 16, 18 y 23/09 EM: 25/09	L: 16:30-18:00 X: 9:00-10:30	M3	Electricidad y Magnetismo: Rocío Ranchal Despacho 118.bis, pl. 2 Este L,X: 14:00-17:00 Óptica (A y D): Mª Cruz Navarrete Despacho O1-D08, pl. 1 X: 10:30-13:30, V: 9:30-12:30 Óptica (B y C): Alfredo Luis Despacho 220.0, pl. 1 X,J,V: 12:00-13:00 y 14:00-15:00
B	EM: 05/09 OPT: 6, 12, 13, 19, 20/09	J: 9:00-10:30 V: 13:30-15:00	1	
C	OPT: 6, 9, 13, 16, 20/09 EM: 23/09	L: 15:00-16:30 V: 15:00-16:30	M3	
D	OPT: 6, 10, 13, 17, 20/09 EM: 24/09	M: 13:30-15:00 V: 17:00-18:30	1	
DG (DGrado)	EM: V 06/09	10:00-11:30	13	

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.

Horarios del laboratorio de Óptica				
Grupo	**Horarios de Laboratorios**		**Nº sesiones**	**11**
	Día	**Horas**	**Profesor**	**Dpto.**
O1	16, 23, 30 (sep): 7, 14, 21, 28 (oct); 4, 11, 18 (nov); 2 (dic)	9:30 – 13:30 (lunes)	Mª Cruz Navarrete (11, R) Alfredo Luis (11, R)	Óptica
O2	16, 23, 30 (sep): 7, 14, 21, 28 (oct); 4, 11, 18 (nov); 2 (dic)	14:00 – 18:00 (lunes)	José A. Rodrigo (11, R) Mercedes Angulo (6) Juan Manuel Soto (3) Laura Ares (2)	Óptica
O3	17, 24 (sep); 1, 8, 15, 22, 29 (oct); 5, 12, 19 (nov); 3 (dic)	9:00 – 13:00 (martes)	Alfredo Luis (11, R) Luis M. Sánchez (9, R) Mª Cruz Navarrete (2, R)	Óptica
O4	17, 24 (sep); 1, 8, 15, 22, 29 (oct); 5, 12, 19 (nov); 3 (dic)	13:00 – 17:00 (martes)	Óscar Martínez (11, R) José A. Rodrigo (6) Tatiana Alieva (4) Laura Ares (1)	Óptica
O5	17, 24 (sep); 1, 8, 15, 22, 29 (oct); 5, 12, 19 (nov); 3 (dic)	17:00 – 21:00 (martes)	Tatiana Alieva (11, R) Óscar Martínez (6) José A. Rodrigo (5)	Óptica
O6	18, 25 (sep); 2, 9, 16, 23, 30 (oct); 6, 13, 20 (nov); 4 (dic)	9:30 – 13:30 (miércoles)	Rosa Weigand (11, R) Laura Ares (11)	Óptica
O7	18, 25 (sep); 2, 9, 16, 23, 30 (oct); 6, 13, 20 (nov); 4 (dic)	14:00 – 18:00 (miércoles)	Alfredo Luis (6, R) Mª Cruz Navarrete (5, R) Jesús del Hoyo (10) Tatiana Alieva (1)	Óptica
O8	19, 26 (sep); 3, 10, 17, 24, 31 (oct); 7, 14, 21 (nov); 5 (dic)	9:30 – 13:30 (jueves)	Gemma Piquero (11, R) José A. Rodrigo (11)	Óptica
O9 (DG*)	19, 26 (sep); 3, 10, 17, 24, 31 (oct); 7, 14, 21 (nov); 5 (dic)	15:00 – 19:00 (jueves)	Rosario Martínez (11, R) Gemma Piquero (11)	Óptica
O10	13, 20, 27 (sep); 4, 11, 18, 25 (oct); 8, 22, 29 (nov); 13 (dic)	9:30 – 13:30 (viernes)	Ángel Sanz (11, R) Rosario Martínez (2) Mercedes Angulo (9)	Óptica

Dos profesores por grupo. Entre paréntesis: sesiones de cada profesor y R, profesor responsable del grupo.
* Si se superase la capacidad del grupo O9 se abriría el grupo O5 al doble grado.

Horarios del laboratorio de Electricidad y Magnetismo				
Grupo	Horarios de Laboratorios		Nº sesiones	4
	Días	Horas	Profesor	Dpto.
E1	03/10, 10/10, 17/10, 24/10	9.30 - 13.30	Elvira González cygnus@fis.ucm.es	FM
E2	14/10, 21/10, 28/10, 04/11	9.30 - 13.30	Yanicet Ortega yanicet@fis.ucm.es	FM
E3	16/10, 23/10, 30/10, 06/11	9.30 - 13.30	Jesús Mateos jesmateo@ucm.es	FM
E4	07/11, 14/11, 21/11, 28/11	9.30 - 13.30	Víctor Rouco vrouco@ucm.es	FM
E5	11/11, 18/11, 25/11, 02/12	9.30 - 13.30	Jesús Mateos jesmateo@ucm.es	FM
E6	12/11, 19/11, 26/11, 03/12	9.30 - 13.30	Fabián Cuellar facuella@ucm.es	FM
E7	13/11, 20/11, 27/11, 04/12	9.30 - 13.30	Álvaro Muñoz almuno06@ucm.es	FM
E8	03/10, 10/10, 17/10, 24/10	15:00 - 19:00	Javier Tornos jtornosc@fis.ucm.es	FM
E9	14/10, 21/10, 28/10, 04/11	15:00 - 19:00	Javier Tornos jtornosc@fis.ucm.es	FM
E10	15/10, 22/10, 29/10, 05/11	15:00 - 19:00	Yanicet Ortega yanicet@fis.ucm.es	FM
E11	16/10, 23/10, 30/10, 06/11	15:00 - 19:00	Víctor Rouco vrouco@ucm.es	FM
E12	07/11, 14/11, 21/11, 28/11	15:00 - 19:00	Javier Tornos jtornosc@fis.ucm.es	FM
E13	11/11, 18/11, 25/11, 02/12	15:00 - 19:00	Javier Tornos jtornosc@fis.ucm.es	FM
E14	12/11, 19/11, 26/11, 03/12	15:00 - 19:00	Álvaro Muñoz almuno06@ucm.es	FM
E15 (DGrado)	17/09, 24/09, 01/10, 08/10	15:00 - 19:00	Miguel Romera miromera@ucm.es	FM
E16 (DGrado)	18/09, 25/09, 02/10, 09/10	15:00 - 19:00	Miguel Romera miromera@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

Toda la información referente a la asignatura estará disponible en el Campus Virtual.

La asignatura consta de 6 clases teóricas (de 1,5 horas de duración cada una) y de 15 sesiones de laboratorio (de 4 horas de duración cada una), de las que 4 se realizarán en el Laboratorio de Electricidad y Magnetismo y 11 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 desarrollar 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.

Electricidad y Magnetismo

En 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, a la semana siguiente de haber realizado cada sesión de laboratorio.

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 "Construcción de una fuente regulable de continua", 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*.

Es responsabilidad de los alumnos llevar los guiones al laboratorio.

Óptica

Al finalizar cada sesión de laboratorio los alumnos tendrán que entregar al profesor responsable de grupo la contestación a los preguntas que aparecen en el cuestionario asociado a la práctica (los cuestionarios están incluidos en los guiones de prácticas). **Únicamente se evaluarán las contestaciones a los puntos de los cuestionarios.**

Aviso importante para los alumnos repetidores

Laboratorio de Electricidad y Magnetismo

Los alumnos que hayan suspendido la parte de **Electricidad y Magnetismo** en cursos anteriores tendrán la opción de presentarse directamente al examen, siempre y cuando hayan obtenido una nota igual o superior a 5 en la evaluación de las prácticas realizadas en el laboratorio. Para ello, deben comunicárselo **obligatoriamente** a la profesora Rocío Ranchal Sánchez mediante un correo electrónico enviado a dirección rociran@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 2017-18 o en el curso 2018-19 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** al coordinador de la parte de Óptica, Julio Serna Galán, mandando un correo electrónico a la dirección azul@ucm.es.

Evaluación (Laboratorio de Electricidad y Magnetismo)		
Realización de exámenes	**Peso:**	30 %
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.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	70 %
• 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 de 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		
Para la convocatoria extraordinaria (junio/julio) se conservarán las notas de las actividades que estén aprobadas.		

Calificación final
Para aprobar la asignatura será necesario haber asistido a todas las sesiones prácticas y haber entregado todos los informes, así como obtener una nota final de la asignatura completa igual o superior a cinco. La calificación final será $N_{Final} = 2/3\ N_{Opt} + 1/3\ N_{EyM}$, donde N_{Opt} y N_{EyM} son, en una escala 0-10, las calificaciones obtenidas en cada una de las partes de la asignatura (Óptica y Electricidad y Magnetismo). Para aprobar la asignatura es necesario tener una nota superior o igual a 4 en la parte de Óptica, una nota superior o igual a 5 en la parte de Electricidad y Magnetismo, y una calificación final superior o igual a 5. Las calificaciones de las actividades (Electricidad y Magnetismo y Óptica) aprobadas en la convocatoria ordinaria (enero) se guardarán para la convocatoria extraordinaria (junio/julio). Los alumnos sólo tendrán que examinarse de las actividades NO superadas.

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Mª de los Ángeles Gómez Flechoso		Dpto.	FTA
	Despacho	16 Pl. baja, Oeste	e-mail	magflechoso@ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	M3	M V	10:30–12:00 09:00–10:30	Jesús Gallego Maestro	43	FTA
B	M3	M J	17:00–18:30 14:30–16:00	Sergio Pascual Ramírez	43	FTA
C	M3	L X	13:30–15:00 13:30–15:00	Mª Ángeles Gómez Flechoso	43	FTA
D	19 7	L X	10:30-12:00	Armando Gil de Paz	43	FTA

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Jesús Gallego Maestro	M: 12.00-13.30 V: 11.00-12.30 *	j.gallego@ucm.es	Dpcho. 5, Pl. baja Oeste
B	Sergio Pascual Ramírez	M: 12.00-13.30 J: 12.00-13.30 *	sergiopr@fis.ucm.es	Despacho 3, Pl. baja Oeste
C	Mª de los Ángeles Gómez Flechoso	M,J: 9.00-11.00 X: 11.30-13.30	magflechoso@ucm.es	Despacho 16, Pl. baja Oeste
D	Armando Gil de Paz	M,J: 11.30-13.00 *	agil@fis.ucm.es	Dpcho. 14, 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. Parámetros Estelares
5. Formación Estelar
6. Exoplanetas
7. Evolución Estelar
8. La Muerte de las Extrellas

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

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

V. **Planetas del Sistema Solar**
15. Introducción al Sistema Solar
16. Formación del Sistema Solar
17. Planetas Terrestres
18. Planetas Jovianos

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
Las clases se desarrollarán con lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura.

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: $N_{Final} = 0.7N_{Exámen} + 0.3N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ 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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Ana Irene Urbieta Quiroga		Dpto.	FM
	Despacho	105.0	e-mail	anaur@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	1	M V	10:30-12:00 9:00-10:30	Ana Irene Urbieta Quiroga	Todo el semestre	43	T/P/S	FM
B	1	M J	17:00–18:30 14:30-16:00	Paloma Fernández Sánchez	Todo el semestre	43	T/P/S	FM

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

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
B	Paloma Fernández Sánchez	M,X,V: 09.30-11.30	arana@fis.ucm.es	Despacho 115 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; superficie.

2. Estructura y propiedades físicas de los materiales. Relación entre estructura y propiedades. Materiales metálicos, cerámicos, semiconductores, polímeros y materiales blandos, compuestos. Preparación y diseño de materiales.

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)

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
• Clases de teoría para explicar los conceptos fundamentales que incluirán ejemplos y aplicaciones. Para estas clases se usará fundamentalmente la proyección con ordenador. Los alumnos dispondrán del material utilizado en clase con suficiente antelación. • Clases prácticas de problemas. Durante el curso se propondrán cuestiones prácticas o problemas, que formarán parte de la evaluación continua.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen consistirá en una serie de cuestiones teóricas y prácticas (de nivel similar a las resueltas en clase). No se permitirá el uso de libros, 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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	1	L, J	12:00 - 13:30	Gregorio Maqueda Burgos	43	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Gregorio Maqueda Burgos	M: 10:30-12:30 M,J: 15:30-17:30	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.
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.

Recursos en internet

Campus virtual

Metodología
Las clases teóricas y la realización de ejercicios prácticos serán las actividades en el aula, intercalando estos últimos con la teoría. Se utilizará la pizarra y las presentaciones desde ordenador para el desarrollo de las clases teóricas. Sin embargo, los ejercicios y problemas serán realizados en la pizarra con la participación activa de los alumnos. Las presentaciones estarán accesibles a través del Campus Virtual. Los ejercicios se propondrán con antelación en el CV para su entrega y posterior discusión en las clases. El CV será utilizado como medio de transmisión de la documentación manejada y como comunicación entre los alumnos y el profesor.

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 2019-20)

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	Luis Manuel González Romero		**Dpto.**	FT
	Despacho	6, 2ª Pl.	**e-mail**	mgromero@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	M3	X, V	12:00 - 13:30	Luis Manuel González Romero	38.5	FTe

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Luis Manuel González Romero	M,X,V: 14:30-16:30	mgromero@fis.ucm.es	6, 2ª Pl. Oeste

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
P1	Aula de informática1	08/10/2019: 16:00-17:30	Luis Manuel González Romero	4.5	FT
		09/10/2019: 16:00-17:30			
		10/10/2019: 16:00-17:30			
P2		12/11/2019: 16:00-17:30		4.5	
		13/11/2019: 16:00-17:30			
		14/11/2019: 16:00-17:30			
P3		10/12/2019: 16:00-17:30		4.5	
		11/12/2019: 16:00-17:30			
		12/12/2019: 16:00-17:30			

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
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.

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 $$N_{Final} = 0.7\ N_{Exámen} + 0.3\ N_{OtrasActiv}\ ,$$ donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. En la convocatoria extraordinaria de junio-julio la manera de calificar será la misma, guardándose la nota de `otras actividades' obtenida en el curso para la convocatoria extraordinaria de junio-julio.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	1	M V	12:00–13:30 10:30–12:00	Téllez y Pablo, Mª Julia	43	FTA
B	1	L X	13:30-15:00 13:30-15:00	Téllez y Pablo, Mª Julia	43	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A y B	Téllez y Pablo, Mª Julia	L,X: 11:30-13:00 (+3h no pr.)	jutellez@fis.ucm.es	Despacho 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: Platón y Aristóteles. 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: las universidades, redescubrimiento de Aristóteles. Decadencia del escolasticismo.
4. **LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA DEL RENACIMIENTO.** Geometría celeste: Copérnico, Brahe, Kepler. Astronomía heliocéntrica. La recepción del heliocentrismo: Digges, Gilbert. Galileo: descubrimientos astronómicos, defensa del heliocentrismo, proceso y condena.
5. **DESARROLLO DE LA FÍSICA CLÁSICA.**
   - **5.1. MECÁNICA.** Los inicios de la nueva mecánica: Galileo. La posibilidad del vacío. El reduccionismo mecanicista de Descartes. Newton: leyes de la mecánica, gravitación, filosofía de la ciencia. El determinismo de Laplace. Mecánica analítica. Mecánica celeste. Dinámica no lineal.
   - **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. El equivalente mecánico del calor. Termodinámica: Carnot, Clausius. Teoría cinética del calor. Mecánica estadística. Maxwell. Boltzmann.
   - **5.4. ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO.** Primeros descubrimientos. Gilbert. Franklin. Electrostática. Electrodinámica. Volta. Ampère. Ohm. Electromagnetismo. Faraday. Maxwell. Hertz.
6. **LAS REVOLUCIONES RELATIVISTA Y CUÁNTICA.** Einstein: teorías especial y general de la relatividad. Planck. Bohr. Cuantificación del átomo. Formulación de la mecánica cuántica: Heisenberg y Schrödinger. Interpretaciones de la mecánica cuántica.

Bibliografía

Básica

- W. C. Dampier. *Historia de la Ciencia*. Tecnos, 1972.
- J. Gribbin. *Historia de la Ciencia 1543-2001,* Crítica, 2006.
- D. C. Lindberg. *Los inicios de la ciencia occidental,* Paidós, 2002.
- C. Sánchez del Río. *Los principios de la física en su evolución histórica*. Editorial Complutense, Madrid, 1986.
- A. Udías Vallina. Historia de la Física. De Arquímedes a Einstein, Ed. Síntesis, 2004.

Complementaria

- F. Chalmers.*¿Que es esa cosa llamada ciencia?* Siglo XXI, Madrid, 1994.
- J. L. González Recio (editor). *El taller de las ideas. Diez lecciones de historia de la ciencia".* Plaza y Valdés, 2005.
- W. Heisenberg. *La imagen de la naturaleza en la Física actual.* Ariel, 1976.
- W. Pauli. *Escritos sobre Física y Filosofía.* Ed. Debate, 1996.
- P. Thuillier. *De Arquímedes a Einstein. Las caras ocultas de la investigación científica.* Alianza Editorial, 1990.
- J. Ziman. *La credibilidad de la ciencia*. Alianza, Madrid, 1981.

Recursos en internet

Campus virtual

Metodología
Lecciones de teoría en las que se irán intercalando sesiones prácticas dedicadas a la lectura, análisis y comentario de textos. Como parte de la evaluación continua los estudiantes deberán entregar ejercicios, comentarios de textos y breves ensayos monográficos sobre cuestiones polémicas de interés científico.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Se realizará un test en horario de clase (a mediados de curso) y un examen final. El examen final 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). La calificación final, relativa a exámenes, N_{Final}, se obtendrá de la mejor de las opciones: $N_{Final} = 0.3N_{\text{Test}} + 0.7N_{Ex_Final}$ $N_{Final} = N_{Ex_Final}$ Para poder aprobar la asignatura la calificación minima en N_{Ex_Final} debe ser 4,0.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
A lo largo del curso el alumno entregará de forma individual los ejercicios, comentarios de textos y breves ensayos que le indique el profesor en las fechas que éste determine. Sólo podrán obtener una calificación en este apartado ($N_{OtrasActiv}$) aquellos alumnos que hayan asistido como mínimo a un 70% de las clases.		
Calificación final		
La calificación final será la mejor de las opciones: $C_{Final}=0.7N_{Final}+0.3N_{OtrasActiv}$, $C_{Final}=N_{Final}$ Donde $N_{OtrasActiv}$ es la calificación correspondiente a Otras Actividades y N_{Final} la obtenida en la realización de los exámenes, siempre que la calificación de N_{Ex_Final} sea igual o mayor que 4,0. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

Física del Estado Sólido		Código	800515	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Formació n 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	Fernando Sols Lucia		Dpto.	FM
	Despacho	Despacho 110 2ª Planta	e-mail	f.sols@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	L,V X	12:00-13:30 11:30-12:30	Francisco Domínguez-Adame Acosta	Del 27/01 al 02/04	39	T/P	FM
				Miguel A. Romera Rabasa	Del 15/04 al 13/05	15	T/P	FM
B	M3	L,V X	9:00-10:30 9:00-10:00	Fernando Sols Lucia	Todo el semestre	54	T/P	FM
C	M3	M J	15:00-17:00 15:00-17:00	María Varela del Arco	Todo el semestre	54	T/P	FM
D	1	L X	15:00-17:00 15:00-17:00	Jacobo Santamaría Sánchez Barriga	Del 28/01 al 19/03	32	T/P	FM
				Carlos León Yebra	Del 24/03 al 14/05	22	T/P	FM

T:teoría, P:práctica

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Francisco Domínguez-Adame Acosta	L,M,X,J: 08:00-09:30	adame@ucm.es	123 (2ªplanta)
	Miguel A. Romera Rabasa	M: 10:30-12:30 J: 15:00-16:00	miromera@ucm.es	Seminario 2.2 2ª planta. Norte
B	Fernando Sols Lucia	M,J,V: 11:00-13:00	f.sols@fis.ucm.es	Despacho 108 2ª Planta
C	María Varela del Arco	L,M,X: 13:00-14:00 (+3h no pr.)	mvarela@fis.ucm.es	117 (3ªplanta)
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

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. Efecto Hall. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. Sólidos dieléctricos. Respuesta en frecuencia.

5. Introducción a los fenómenos cooperativos. El gas de electrones: plasmones. Ferro y antiferromagnetismo: interacción de canje, ondas de espín. Super-conductividad: fenomenología e ideas básicas, ecuación de London, superconductores de alta temperatura

Bibliografía

- N.W.Ashcroft & N.D.Mermin, *Solid State Physics* (Thomson Press, India 2003)
- H.Ibach y H.Lüth , *Solid State Physics* (Springer, Berlin 1993)
- C.Kittel, Introduction to Solid State Physics 8th Edition (Wiley, Nueva York 2005); en español, *Introducción a la Física del Estado Sólido* 3ª Ed. Española (Reverté, Barcelona 1993).
- F.Domínguez-Adame, *Física del Estado Sólido: Teoría y Métodos Numéricos* (Paraninfo, Madrid 2001).

Recursos en internet

Metodología
- Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: • Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia. • Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	75%
Se realizará un examen final que se calificará con nota de 1 a 10.		
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. En los grupos A, C y D, habrá una prueba intermedia (en horario de clase) a lo largo del curso. En el grupo B se propondrán hojas de problemas para entregar.		
Calificación final		
La calificación final **CF** vendrá dada por la fórmula: **CF** = 0.25*A + 0.75*E (Grupos A y C) **CF** = máx{0.25*A + 0.75*E, E} (Grupos B y D) siendo **E** la nota final del examen y **A** la nota final de otras actividades.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Maria Victoria Fonseca González		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	228 (3ª central)	e-mail	fonseca@gae.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	1	L,V X	9:00-10:30 9:00-10:00	Rodríguez Plaza, María Jesús	Todo el semestre	54	T y P	FT
B	M3	L,V X	10:30-12:00 10:00-11:00	Moreno Diaz, Óscar	Todo el semestre	54	T y P	EMFTEL
C	M3	L,X	15:00–17:00	Fonseca González, Mª Victoria	Todo el semestre	54	T y P	
D	1	M,J	15:00–17:00	Fonseca González, Mª Victoria	Todo el semestre	54	T y P	

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Rodríguez Plaza, María Jesús	L,X,V: 13:00-15:00	mjrplaza@fis.ucm.es	D. 20, 3ª Oeste
B	Moreno Díaz, Óscar	X: 11:00-12:30, V: 12:00-13:30 (+3h no pr.)	osmoreno@ucm.es	3ª Pl. Norte
C	Fonseca González, Mª Victoria	L,M,X,J: 17:00-18:00 (+2h no pr.)	fonseca@gae.ucm.es	228, 3ª centro
D	Fonseca González, Mª Victoria	L,M,X,J: 17:00-18:00 (+2h no pr.)	fonseca@gae.ucm.es	228, 3ª centro

Programa de la asignatura

1. **Introducción a los átomos polielectrónicos**
   Repaso del átomo hidrogenoide. Sistemas de varios electrones. Aproximación de campo central. Estados fundamentales y tabla periódica. Acoplamiento LS de momentos angulares de spin y orbital. Excitaciones. Métodos de Thomas-Fermi y Hartree-Fock.
2. **Fundamentos de la estructura molecular**
   Aproximación de Born-Oppenheimer. Orbitales moleculares. Tipos de enlace. Espectros de rotación, vibración, electrónicos.
3. **Estructura subatómica de la materia**
   Partículas e interacciones. Hadrones y leptones. Masas y números cuánticos. Quarks. El nucleón. Isoespin.
4. **Introducción al Núcleo Atómico**
   Composición del núcleo. Masas y tamaños nucleares. Estabilidad. Desintegraciones. Modelos. Reacciones. Fisión y fusión nuclear. Nucleosíntesis.
5. **Introducción a la Física de partículas**
   Clasificación detallada, segunda y tercera familias de quarks y leptones. Partículas compuestas. Modelo quark. Bosones mediadores. Producción y detección de partículas. Desintegraciones.

Bibliografía

Básica

- *Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles. Robert Eisberg y Robert Resnick, Wiley 2nd Ed. (1985) ISBN: 047187373X.*
- *Física: Fundamentos Cuánticos y Estadisticos. Volumen III. Marcelo Alonso y Edward J. Finn, Addison Wesley 1976, ISBN: 0201002620*
- *Introduction to the Structure of Matter: A Course in Modern Physics. John J. Brehm y William J. Mullin, Wiley, Enero 1989ISBN: 047160531X*
- *Física Cuántica, Carlos Sánchez del Río et al., Pirámide (2008) ISBN 9788436822250.*

Complementaria

- *Physics of atoms and molecules, B.H.Bransden, C.J.Joachain, (Longman 1994)*
- *Nuclear and Particle Physics, W.S.C.Williams, 1991, Oxford Science Publications. ISBN 0198520468*
- *Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane. Wiley, Octubre 1987 (3ª edición), ISBN-10: 047180553X*
- *Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics. Francis Halzen y Alan D. Martin, Wiley 1984 ISBN: 0471887412.*
- *Física Cuántica II. J. Retamosa. Alcua, 2010*
- *Molecular Quantum Mechanics, Atkins, P.W., (Oxford Univ. Press 1989).*
- *Atomic structure, G.K.Woodgate (McGraw Hill).*
- *Introduction to High Energy Physics, Donald H. Perkins, Cambridge University Press, Abril 2000 (4ª edición). ISBN: 0521621968.*

Recursos en internet
Grupo A: http://teorica.fis.ucm.es/asignaturas.html *Grupo D:* http://nuclear.fis.ucm.es/webgrupo/Educacion.html

Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: -Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones -Clases prácticas de problemas -Las lecciones de teoría utilizarán la pizarra o proyecciones con ordenador. -Se suministrará a los estudiantes una colección de hojas de problemas para su resolución en la clase. -El profesor recibirá en su despacho a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas, ampliar conceptos, etc. -Además la docencia se complementa con sesiones en el laboratorio experimental y con actividades de simulación en el ordenador.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen constará de una serie de cuestiones y problemas.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Seguimiento de una colección de problemas (0-10%) Controles, trabajos de clase (0-20%)		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

Termodinámica del No-Equilibrio		Código	800508	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	11.5	3

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	M3	M J	9:00-10:30 10:30-12:00	García Villaluenga, Juan Pedro	40	EMFTEL
B	M3	M,J	17:00-18:30	Relaño Pérez, Armando	40	EMFTEL
C	M3	X V	11:00-12:30 12:00-13:30	Barragán García, Vicenta Mª	40	EMFTEL

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Despacho
A	García Villaluenga, Juan Pedro	X: 9:00-12:00 (3h no pr. de L-V)	jpgarcia@ucm.es	Despacho 117, 1ª Pl. Este
B	Relaño Pérez, Armando	L: 16:30-18:00 V: 11:30-13:00 (+3h no pr.)	arelanop@ucm.es	110. 1ª Planta Módulo Este
C	Barragán García, Vicenta M.	M: 10:30-13:30 (3h no pr. de L-V)	vmabarra@ucm.es	113, 1ª Pl. Módulo Este

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
A1	Aula 15 Informática	28 de abril y 12 de mayo 9:00-10:30	García Villaluenga, J.P.	3	EMFTEL
A2	Aula 1 Informática	28 de abril y 12 de mayo 9:00-10:30	Relaño Pérez, Armando	3	EMFTEL
B1	Aula 15 Informática	28 de abril y 12 de mayo 17:00-18:30	Ortíz de Zárate, José Mª	3	EMFTEL
B2	Aula 1 Informática	28 de abril y 12 de mayo 17:00-18:30	Relaño Pérez, Armando	3	EMFTEL
C1	Aula 1 Informática	30 de abril y 14 de mayo 13:30-15:00	Morales Lóbez, Carlos	3	EMFTEL
C2	Aula 2 Informática	30 de abril y 14 de mayo 13:30-15:00	García Villaluenga, J.P.	3	EMFTEL

Programa de la asignatura

1. **Revisión de los fundamentos de la Termodinámica del equilibrio.**
   Principios de la Termodinámica. Ecuación fundamental de la Termodinámica. Potenciales termodinámicos. Equilibrio y estabilidad. Reacciones químicas.
2. **Descripción del formalismo termodinámico. Leyes de conservación y ecuaciones de balance.**
   Postulado de equilibrio local. Ecuaciones de evolución para la masa, energía, momento, carga y concentración. Formulación local del Segundo Principio de la Termodinámica. Flujo de entropía y producción de entropía.
3. **Termodinámica de los Procesos Irreversibles. Régimen lineal.**
   Ecuaciones y coeficientes fenomenológicos. Relaciones de reciprocidad de Onsager. Principio de Curie.
4. **Estados estacionarios**
   Producción de entropía. Teorema de mínima producción de entropía y sus limitaciones
5. **Procesos simples**
   Balance entrópico. Ecuaciones fenomenológicas y relaciones recíprocas de Onsager. Conducción térmica. Difusión simple. Conducción eléctrica. Reacciones químicas.
6. **Procesos acoplados**
   Balance entrópico. Ecuaciones fenomenológicas y relaciones recíprocas de Onsager. Termoelectricidad. Termodifusión. Reacciones químicas acopladas. Motores moleculares. Efectos electrocinéticos y procesos en membranas.
7. **Introducción a los sistemas muy alejados del equilibrio. Régimen no lineal.**
   Estabilidad en sistemas alejados del equilibrio. Bifurcaciones.
8. **Estructuras disipativas.**
   Patrones termo-hidrodinámicos: convección de Rayleigh-Bénard, convección de Bénard-Marangoni, vórtices de Taylor. Sistemas químicos oscilantes: Brusselator, Belousov-Zhabotinsky. Patrones espacio-temporales: estructuras Turing, simetría quiral.
9. **Termodinámica en Tiempo Finito.**
   Revisión del ciclo de Carnot. Sistemas endorreversibles.

Bibliografía

Básica:

- Kondepudi, D., Prigogine, I. *Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures.* (Wiley Interscience, London). 1998
- Prigogine, I. *Introducción a la Termodinámica de los Procesos Irreversibles.* (Selecciones Científicas, Madrid). 1974
- Lebon, G., Jou, D., Casas-Vázquez, J. *Understanding Non-Equilibrium Thermodynamics: Foundations, Applications, Frontiers.* (Springer-Verlag, Berlin). 2008
- R. Haase. Thermodynamics of Irreversible Processes, (Dover, London). 1990.
- García Villaluenga, J.P., Relaño Pérez, A. Termodinámica en sistemas fuera del equilibrio. (Ediciones Complutense, Madrid). 2018

Complementaria:

- De Groot, S.R., Mazur, P. Non-Equilibrium Thermodynamics. (Dover, London). 1984
- Demirel, Y. Nonequilibrium Thermodynamics. (Elsevier, Amsterdam). 2007
- Jou, D., Llebot, J.E. Introducción a la Termodinámica de los Procesos Biológicos. (Editorial Labor, Barcelona). 1989
- Glandsdorff, P., Prigogine, I. Structure, Stability and Fluctuations. (Wiley Interscience, London). 1971
- Nicolis, G., Prigogine, I. Self-organization in nonequilibrium systems. From dissipative structures to order through fluctuations. (Wiley Interscience, New York). 1977

Recursos en internet

En Campus virtual de la UCM: https://www.ucm.es/campusvirtual

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia.
- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas. Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en clase.
- 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.

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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Carmelo Pérez Martín			**Dpto.**	FT
	Despacho	15	**e-mail**	carmelo@elbereth.fis.ucm.es	

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	M3	M J	10:30-12:00 9:00-10:30	Felipe Llanes Estrada	1ª mitad del semestre	21.5	T y P	FT
				Ignazio Scimemi	2ª mitad del semestre	21.5	T y P	FT
B	M3	L, X	17:00-18:30	Ángel Rivas Vargas	1ª mitad del semestre	21.5	T y P	FT
				Ignazio Scimemi	2ª mitad del semestre	21.5	T y P	FT
C	M3	L X	12:00-13:30 12:30-14:00	Carmelo Pérez Martín	Todo el semestre	28	T y P	FT
				Pablo Antonio Moreno Casares	Todo el semestre	15	p	FT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Felipe Llanes Estrada	L, X: 12:00-13:30 M: 12:00-13:00 J: 11:00-13:00	fllanes@fis.ucm.es	D 24 3ª pl. oeste
	Ignazio Scimemi	M,J: 14:00-15:30 (+ 3 h no presenciales)	ignazios@fis.ucm.es	D 23 2ª pl. oeste
B	Ángel Rivas Vargas	L, X: 15:00-16:30 M: 16:30-19:30	anrivas@ucm.es	D 15 3ª pl. oeste
	Ignazio Scimemi	M,J: 14:00-15:30 (+ 3 h no presenciales)	ignazios@fis.ucm.es	D 23 2ª pl. oeste
C	Carmelo Pérez Martín	M,J: 11:00-14:00	carmelop@fis.ucm.es	D 10 3ª pl. oeste
	Pablo A. Moreno Casares	X,J: 14:00-15:00	pabloamo@ucm.es	2 3ª pl.Oeste

Programa de la asignatura

Tema 1: Los postulados de la Mecánica Cuántica.
Las matemáticas y la notación de la Mecánica Cuántica. Postulado I: Estados puros y rayos unitarios. Postulado II: Magnitudes físicas y observables. Postulado III: Resultados de medidas y probabilidades. Reglas de Indeterminación. Conjuntos Completos de Observables Compatibles. Estados mezcla y operador estado. Postulado IV: Colapso del paquete de ondas. Postulado V: Evolución temporal. Postulado VI: Reglas de cuantificación 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. Translaciones. 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 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. La expansión en ondas parciales y desfasajes. La sección eficaz total y el teorema óptico. Cálculo de los desfasajes para potenciales de rango finito. Resonancias. Scattering por un potencial de Coulomb. Matrices S y T.

Tema 5: Sistemas compuestos: Nociones de Información y Computación Cuánticas.
Sistemas compuestos clásicos y cuánticos. Sistemas biparte, qubits y estados enredados 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.

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

Metodología

Se impartirán clases, en la pizarra, en las que se explicarán y discutirán los diversos temas del programa. Los conceptos y técnicas introducidos en la explicación de los temas se ilustrarán con ejemplos y problemas que se resolverán en clase. Se estimulará la discusión, individual y en grupo, con los alumnos de todos los conceptos y técnicas introducidos en clase.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

Se realizará un examen final escrito. El examen 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 de horario de clase. Estas pruebas consistirán en cuestiones teórico-prácticas y/o problemas de nivel similar a los resueltos en clase.

Calificación final

La calificación final será la máxima entre $0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}$ y $N_{Exámen}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

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

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Gregorio Maqueda Burgos			Dpto.	FTA
	Despacho	219	e-mail	gmaqueda@ucm.es	

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	M,J	09:00–10:30	Elsa Mohino Harris	28/01 a 17/03	20	T/P	FTA
				Luis Durán Montejano	19/03 a 14/05	17	T/P	FTA
B	1	L,X	17:00-18:30	Gregorio Maqueda Burgos	Todo el semestre	37	T/P	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar*	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
LA1	AI-1	10/3; 31/3; 21/4; 5/5 (9:00-10:30h)	Luis Durán Montejano	6	FTA
LA2	AI-2	10/3; 31/3; 21/4; 5/5 (9:00-10:30h)	José Manuel Garrido Pérez	6	
LB1	AI-1	11/3; 1/4; 22/4; 6/5 (17:00-18:30h)	Gregorio Maqueda Burgos	6	
LB2	AI-2	11/3; 1/4; 22/4; 6/5 (17:00-18:30h)	José Manuel Garrido Pérez	6	

* Aulas de Informática

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Elsa Mohino Harris	M,J: 10:30-12:00 (+3h no pr.)	emohino@fis.ucm.es	105.0, 4ª pl., Este
	Luis Durán Montejano	M,J: 10:30-12:00 (+3h no pr.)	luis@intermet.es	224 (4ª pl. centro)
B	Gregorio Maqueda Burgos	M: 10.30-12.30 M,J: 15.30-17.30	gmaqueda@ucm.es	219. 4ª pl. centro-sur

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. El concepto de saturación. Presión de vapor. Índices de humedad. El punto de rocío. Procesos adiabáticos y pseudoadiabáticos en aire saturado. Nivel de condensación.
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. 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).

1. Identificación de nubes
2. Uso del diagrama interactivo: tensión de vapor-temperatura
3. Estudio de las capas de la atmósfera: Análisis de perfiles verticales de variables meteorológicas
4. Análisis de ascensos de parcelas de aire: Efecto Foehn
5. Balance de energía

Bibliografía

BÁSICA

***C.D. Ahrens (2000). *Meteorology Today*, 6ª edición. West Publ. Co.

**J.M. Wallace y P.V. Hobbs (1977, 1ªedición; 2006, 2ª edición). *Atmospheric Science: An Introductory Survey*.Academic Press. Elsevier

COMPLEMENTARIA

* R.B. Stull (2000). *Meteorology for Scientists and Engineers*, 2ª ed. Brooks/Cole Thomson Learning.
* I. Sendiña Nadal y V. Pérez Muñuziri (2006). *Fundamentos de Meteorología*. Academic Press. Universidad de Santiago de Compostela (Servicio Publicaciones).
* M. Ledesma Jimeno (2011). *Principios de Meteorología y Climatología.* Ediciones Paraninfo S.A.
* Zúñiga López, Ignacio; Crespo del Arco, Emilia; Fernández Sánchez, Julio; Santos Burguete, Carlos (2016). *Problemas de meteorología y climatología.* UNED.

Recursos en internet
Campus virtual

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la Física de la Atmósfera, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales y operativas.
- Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada.
- Realización de cuestionarios y/o ejercicios prácticos a través del Campus Virtual.
- 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.

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:

$$CFinal = 0.7 \times NExam + 0.3 \times NOtrasActiv,$$

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 2019-20)

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	114	e-mail	mlosete@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	1	M X	10:30-12:00 12:30-14:00	Osete López, Mª Luisa	38,5	FTA
B	1	M, J	17:00-18:30	Negredo Moreno, Ana Mª	38,5	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
A1	A1*	10 Marzo, 21 Abril y 5 Mayo	Sergio Sainz Maza	4.5	FTA
A2	A2**	10 Marzo, 21 Abril y 5 Mayo	Alicia González López	4.5	FTA
B1	A15***	10 Marzo, 21 Abril y 5 Mayo	Alicia González López	4.5	FTA
B2	A15***	10 Marzo, 21 Abril y 5 Mayo	Raquel Bonilla Alba	4.5	FTA

** Aula de Informática 1*
*** Aula de Informática 2*
**** Aula de Informática 15*

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Osete López, Mª Luisa	J: 15.00-18.00 (+3h no pr.)	mlosete@fis.ucm.es	D. 115, 4ª Pl. Este
B	Negredo Moreno, Ana María	M: 16.00-17.00 J: 11.00-13.00 (+3h no pr.)	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. Campos producidos por dipolos. 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. Magnetoestratigrafía.

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 la tectónica 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/

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

1. Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la Física de la Tierra, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales.
2. Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen adecuadamente.
3. Prácticas: se llevarán a cabo tres prácticas.

Como parte de la evaluación continua, los estudiantes deberán entregar ejercicios resueltos individualmente.

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, 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.

Sólo podrán obtener una calificación en este apartado (*NOtrasActiv*) aquellos alumnos que hayan asistido como mínimo a un 70% de las clases.

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 2019-20)

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	120.0	e-mail	germang@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	1	M, J	12:00 -13:30	González Díaz, Germán	38,5	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
A1	210.0 3ª Pl.	El horario se fijará llegando a un acuerdo con los alumnos	González Díaz, Germán	4,5	EMFTEL
A2	210.0 3ª Pl.		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 (+1h no pr.)	germang@ucm.es	107.0 3ª Pl. Este

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
Se colocarán apuntes y problemas en el campus virtual

Metodología
La asignatura tendrá una visión esencialmente experimental. Se realizará una sesión de laboratorio en horario de clase por cada uno de los temas demostrándose de forma experimental los resultados obtenidos en clase. Se realizarán prácticas de contenido analógico (esencialmente con amplificadores operacionales) y de contenido digital. Por otra parte se propondrán problemas a los alumnos para que los realicen en casa.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	60%
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:**	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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	28.5	4	10.5

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.
- 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	Irene Polo Sánchez		Dpto.	FTA
	Despacho	214, 4ª planta este	e-mail	ipolo@ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	1	X	10:00–11:30	Polo Sánchez, Irene	Todo el semestre	21.5	T	FTA
A1*	1*	L	12:00-13:30	Ordoñez García, Carlos	Todo el semestre	21.5	T/P	FTA
A2*	1*	M	12:00-13:30	Ordoñez García, Carlos	Todo el semestre	21.5	T/P	FTA
A3*	1*	X	12:00-13:30	Polo Sánchez, Irene	Todo el semestre	21.5	T/P	FTA

T: teoría, P: prácticas
* Aula de Informática

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A y A3	Polo Sánchez, Irene	L: 11.00-13.00 X:14.30-15.30 (+3h no pr.)	ipolo@ucm.es	Despacho 214 4ª planta, ala este
A1 y A2	Órdoñez García, Carlos	L: 15:30-17:30	carlordo@ucm.es	Despacho 8, planta baja, ala oeste

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

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.

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. Aquellos alumnos que tengan que ir a la convocatoria extraordinaria de junio-julio podrán subir la nota de este apartado con entregables al efecto.

Calificación final

Si E es la nota del examen (ya sea de la convocatoria de junio o de la extraordinaria de junio-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 2019-20)

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	Gabriel Álvarez Galindo		Dpto.	FT
	Despacho	12, 2ª pl. Oeste	e-mail	galvarez@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo	horas	Dpto.
A	1	L,J	10:30–12:00	Gabriel Álvarez Galindo	Todo el semestre	28	FT
				José Manuel Sánchez Velázquez	Todo el semestre	15	
B	M3	M,J	12:00–13:30	Francisco Navarro Lérida	Todo el semestre	43	
C	1	M V	13:30–15:00 10:30–12:00	Piergiulio Tempesta	Todo el semestre	43	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Gabriel Álvarez Galindo	L,X: 14:00-17:00	galvarez@fis.ucm.es	12 2ª pl. Zona Oeste
B	Francisco Navarro Lérida	M,X,J: 15:00-16:00 X: 11:00-14:00	fnavarro@fis.ucm.es	25, 3ª Planta Módulo Oeste
C	Piergiulio Tempesta	L: 14:00-16:00 M: 11:00-13:00 X: 14:30-16:30	p.tempesta@fis.ucm.es	Módulo oeste, pl. 2ª, despacho 30

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

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

Se pondrá a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual una colección de problemas con antelación a su resolución en clase.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Calificación 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. Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Fundamental)

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	L,X	10:30-12:00	Rosado Vélez, Jaime	Todo el semestre	37	T/P	EMFTEL
B	2	L,X	16:30-18:00	Rosado Vélez, Jaime	Todo el semestre	37	T/P	EMFTEL
C	M3	M,J	12:00-13:30	Rosado Vélez, Jaime	Todo el semestre	37	T/P	EMFTEL

T:teoría, P:prácticas

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A, B y C	Rosado Vélez, Jaime	L,X: 12:00–13:30 (+3h no pres.)	jaime_ros@fis.ucm.es	241, 3ª Pl., Módulo Central

LABORATORIOS				
Grupo	**Lugar**	**Sesiones**	**Profesor**	**Horas**
I1.X1	(1)	M 24/09/2019 16:30-18:00	Rosado Vélez, Jaime	1.5
I1.B(3)	(1)	X 25/09/2019 16:30-18:00		1.5
I1.X2	(1)	J 26/09/2019 16:30-18:00		1.5
I1.X3	(1)	V 27/09/2019 13:30-15:00		1.5
I1.X4	(1)	V 27/09/2019 16:30-18:00		1.5
I2.X1	(1)	M 08/10/2019 16:30-18:00	Rosado Vélez, Jaime	1.5
I2.B(3)	(1)	X 09/10/2019 16:30-18:00		1.5
I2.X2	(1)	J 10/10/2019 16:30-18:00		1.5
I2.X3	(1)	V 11/10/2019 13:30-15:00		1.5
I2.X4	(1)	V 11/10/2019 16:30-18:00		1.5
L.X1(4)	(2)	V 08/11/2019 13:30-15:00	Morcuende Parrilla, Daniel Rosado Vélez, Jaime Contreras González, José Luis	1.5
L.A1(3,4)	(2)	L 11/11/2019 10:30-12:00		1.5
L.B1(3,4)	(2)	L 11/11/2019 16:30-18:00		1.5
L.C1(3,4)	(2)	M 12/11/2019 12:00-13:30		1.5
L.A2(3,4)	(2)	X 13/11/2019 10:30-12:00		1.5
L.B2(3,4)	(2)	X 13/11/2019 16:30-18:00		1.5
L.C2(3,4)	(2)	J 14/11/2019 12:00-13:30		1.5
L.A3(3,4)	(2)	L 18/11/2019 10:30-12:00		1.5
L.C3(3,4)	(2)	M 19/11/2019 12:00-13:30		1.5
L.A4(3,4)	(2)	X 20/11/2019 10:30-12:00		1.5
L.C4(3,4)	(2)	J 21/11/2019 12:00-13:30		1.5
L.X2(4)	(2)	V 22/11/2019 13:30-15:00		1.5

(1) Aula de informática 15.
(2) Laboratorio de Física Atómica y Molecular.
(3) Sesión en horario de clases de teoría de algún grupo y que sustituyen a ésta.
(4) Es obligatorio realizar dos sesiones de estos grupos 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. Campos eléctricos.

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
   Otras técnicas espectroscópicas.
7. **Moléculas poliatómicas.**
   Orbitales moleculares, deslocalización.
   Estados rotacionales y vibracionales.
   Espectroscopía
   Ejemplos de moléculas importantes (H_2O, NH_3, …)

Sesiones de prácticas.

Se realizarán dos prácticas experimentales en el Laboratorio de Física Atómica y Molecular, en grupos de 2-3 personas.

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

Página web de la asignatura dentro de la dedicada a docencia en el departamento

Metodología
Es una asignatura de carácter teórico-práctico. Las prácticas previstas de laboratorio experimental son de carácter obligatorio tanto la asistencia como la entrega de informes. En las clases de teoría se utilizarán todos los medios disponibles: pizarra, proyección de transparencias y presentaciones con ordenador. Los conceptos teóricos explicados se reforzarán con ejercicios intercalados durante las clases. Se potenciará la colaboración de los alumnos en estos ejercicios, pudiendo pedir que los entreguen después de la clase. Después de cada tema se entregará una hoja de ejercicios que se resolverán completamente o dando las suficientes indicaciones para que los alumnos puedan realizarlos. Según el número de alumnos matriculados se podría proponer también la presentación de trabajos por parte de ellos, en grupo o individualmente

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Examen final práctico de resolución de ejercicios de nivel similar al estudiado durante el curso, pudiéndose consultar apuntes propios.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Prácticas, cuya realización es obligatoria para poder aprobar la asignatura. Podrán proponerse también otro tipo de actividades (ejercicios, presentación de trabajos, etc.)		
Calificación final		
La calificación final se obtendrá: 70% del examen final, 20% de las prácticas y 10% de resto de actividades propuestas o bien directamente la calificación del examen final si ello fuera más ventajoso para el alumno. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación. Las partes de Átomos y Moléculas se evaluarán por separado, debiendo obtener al menos un 3.5 en cada una, y pudiendo conservarse dicha calificación para la convocatoria extraordinaria de junio-julio.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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 Nemes		Dpto.	FT
	Despacho		e-mail	nmnemes@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	M,J	10:30-12:00	Ignazio Scimemi	Todo el semestre	43	T/P	FT
B	2	M,J	16:30-18:00	Norbert Nemes	Todo el semestre	43	T/P	FM
C	2	L V	12:00-13:30 13:30-15:00	Francisco Navarro Lérida	Todo el semestre	43	T/P	FT

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Ignazio Scimemi	M,J: 14:00 -15:30 (+ 3 horas no pres.)	ignazios@fis.ucm.es	23 2ª planta. Oeste
B	Norbert Nemes	M: 12:00-15:00 (+ 3 horas no pres.)	nmnemes@fis.ucm.es	121 3ª planta
C	Francisco Navarro Lérida	L,M,X: 15:00-17:00	fnavarro@fis.ucm.es	25 3ª planta. Oeste

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).

L.D. 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).

W. Griffiths, “Introduction to Electrodynamics”, Prentice-Hall (1999).

Complementaria

J.I. Íñiguez de la Torre, A. García, J.M. Muñoz, “Problemas de Electrodinámica Clásica”, Eds. Universidad de Salamanca (2002).

Bo Thidé, “Electromagnetic Field Theory”, http://www.plasma.uu.se/CED/Book/index.html

A.González, “Problemas de Campos Electromagnéticos”, McGraw-Hill (2005).

A.I. Alekseiev, “Problemas de Electrodinámica Clásica”, Mir, Moscú.

V.V. Batiguin, I.N. Toptiguin, “Problemas de electrodinámica y teoría especial de la relatividad”, Editorial URSS, Moscú (V.V. Batygin, I.N. Toptygin, “Problems in Electrodynamics", Pion/Academic Press, Londres)

Recursos en internet
1. Campus virtual de los grupos respectivos 2. Página web de los departamentos, 3. https://sites.google.com/site/luisjgaray/

Metodología
Clases de teoría y problemas.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Examen final escrito.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Una o más de las siguientes, que serán detalladas al principio del curso: -Problemas y ejercicios a lo largo del curso -Participación en clases, seminarios y tutorías -Presentación, oral o por escrito, de trabajos		
Calificación final		
Si la nota del examen es inferior a 3,5 puntos (sobre 10), la calificación final será la obtenida en el examen. La calificación final no será inferior a la obtenida en el examen. La calificación final en la convocatoria extraordinaria de junio-julio seguirá la misma pauta de aplicación de la nota de las actividades complementarias que en el caso de la calificación final de la convocatoria de enero.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Elisa de Castro Rubio			Dpto.	FTA
	Despacho	225/4º	e-mail	elisacas@ucm.es	

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	2	L,V	9:00-10:30	De Castro Rubio, Elisa	43	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
A	De Castro Rubio, Elisa	M: 10.00-12.00 J: 15.30-17.30 (+2h no pr.)	elisacas@ucm.es	225, 4ª planta Central

Programa de la asignatura

1. **Parámetros fundamentales de las estrellas**.

   Propiedades observacionales de las estrellas. Diagrama H-R. Abundancias químicas. Poblaciones estelares.

2. **Equilibrio mecánico y térmico**: Teorema de virial. Escalas de tiempo.

3. **Ecuación de estado de la materia estelar**.

   Presión mecánica de un gas perfecto. Gas perfecto no degenerado. Gas perfecto degenerado. Gas de fotones.

4. **Transporte de energía y opacidad de la materia estelar**.

   Equilibrio termodinámico local. Ecuación de transporte radiativo. Estabilidad del gradiente de temperatura. Flujo convectivo. Fuentes de opacidad. Opacidad media

5. **Nucleosíntesis estelar:**

   Revisión de los conceptos básicos sobre reacciones nucleares.

   Combustión del hidrógeno. Combustión del helio. Síntesis de elementos ligeros. Producción de elementos pesados.

6 **Ecuaciones de estructura interna: configuraciones de equilibrio**

   Ecuaciones de estructura y condiciones en los límites. Estudio de modelos simplificados. Modelos politrópicos. Modelando la evolución: cambios en la composición química.

7 **Inestabilidad estelar**

   Inestabilidad de Jeans. Inestabilidad térmica. Inestabilidad secular. Inestabilidad convectiva. Oscilaciones y pulsaciones

8 **Formación estelar. Protoestrellas y objetos subestelares**

   Regiones de formación estelar. Fase de caida libre. Evolución de las protoestrellas. Llegada a la secuencia principal. Enanas marrones

9 **Evolución en la secuencia principal**

   ZAMS. Escala de tiempo. Evolución durante la secuencia principal en estrellas masivas y de poca masa

10 **Evolución pos-secuencia principal**.

   Gigantes rojas. Rama horizontal. Rama astintótica. Evolución de estrellas muy masivas

11 **Últimas fases de la evolución estelar.**

   Nebulosas planetarias. Enanas blancas

   Supernovas de tipo II. Estrellas de neutrones: estructura interna.

12 **Evolución en cúmulos estelares.**

   Diagrama HR en cúmulos galácticos y globulares. Trazas evolutivas e isocronas. Cálculo de la edad

13 **Evolución de sistemas binarios**.

   Novas. Variables cataclísmicas. Supernovas de tipo Ia.

Bibliografía

Básica:

1. *Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis*. (1983) D.D. Clayton. McGraw-Hill
2. *Introduction to Stellar Astrophysics Vol 2. Stellar Structure and Evolution*, (1992) E. Böhm-Vitense. Cambridge University Press.
3. *Theory of stellar structure and evolution*. (2010). Prialnik, D .Cambridge University Press
4. *Stellar Structure and Evolution*. (2004) R. Kippenhahn y A. Weigert, Astronomy & Astrophysics Library. Springer-Verlag
5. *Stellar Interiors. Physical Principles, Structure, and Evolution*, (1994)C.J. Hansen y S.D. Kawaler. Astronomy & Astrophysics Library. Springer-Verlag.
6. *Stellar Astrophysics. Huang, R.Q. & Yu, K,N, 1998. Springer*

Recursos en internet

1. Campus virtual de la asignatura
2. Cursos en internet y simuladores:
   - http://www.astro.psu.edu/users/rbc/astro534.html
   - http://jilawww.colorado.edu/~pja/stars02/index.html
   - http://leo.astronomy.cz/sclock/sclock.html

Metodología

Clases magistrales. Clases prácticas consistentes en ejercicios a resolver en clase.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%
El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase)		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%

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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	2	L J	15:00-16:30 18:00-19:30	Sergio Pascual Ramírez	27	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Sergio Pascual Ramírez	M,J: 12:00-13:30 (+3h. no pres.)	sergiopr@fis.ucm.es	Despacho 3, pl. baja O

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
LA1	Lab. Astrof. (5ª planta)	25/09/2019 a 11/12/2019 X 18:00-19:30	Emilio Gómez Marfil	16	FTA
LA2	Lab. Astrof. (5ª planta)	26/09/2019 a 12/12/2019 J 18:00-19:30	Emilio Gómez Marfil	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

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.

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

La calificación final será $N_{Final} = 0.7N_{Exámen} + 0.3N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

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

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Francisco Javier Chinea Trujillo		Dpto.	FT
	Despacho	FT, D31	e-mail	chinea@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	M,J	9:00-10:30	Fernando Ruiz Ruiz	Todo el semestre	43	T y P	FT
B	2	M,J	13:30-15:00	Francisco Javier Chinea Trujillo	Todo el semestre	43	T y P	FT

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Fernando Ruiz Ruiz	L,M,X: 11:00-13:00	ferruiz@fis.ucm.es	D11 3ª pl. Oeste
B	Chinea Trujillo, Francisco Javier	M,J: 16:00-19:00	chinea@fis.ucm.es	Despacho 31 2ª Oeste

Programa de la asignatura

1. Introducción.
2. Principios de la Relatividad general y experimentos que los sustentan.
3. Repaso de la gravedad newtoniana y de la relatividad especial.
4. Caída libre. Geodésicas y sus principios variacionales. Isometrías y ecuaciones de Killing. Métricas estáticas y estacionaras. El desplazamiento hacia el rojo. El límite newtoniano. Sistemas localmente inerciales.
5. Geometría (pseudo)riemaniana. Principio de covariancia general. Álgebra y análisis tensorial. Conexión de Levi-Civita. Curvatura y sus tensores. Torsión y no metricidad.
6. Ecuaciones de Einstein. Constante cosmológica. Tensor de Weyl y propagación de la gravedad. Acción de Hilbert-Einstein.
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).
- Y. Choquet-Bruhat "Introduction to General Relativity, Black holes and Cosmology", Cambridge University Press (2014).
- 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).
- L. Ryder, "Introduction to General Relativity", Cambridge University Press (2009).
- B. F. Schutz: "A first course in general relativity", 2ª edición, Cambridge University Press (2009).
- H. Stephani: "General relativity: An Introduction to the theory of the gravitational field", 2ª edición, Cambridge University Press (1990).
- N. Straumann, "General Relativity", Second Edition, Springer (2013).
- E.Poisson, C.M. Will, "Gravity", Cambridge University Press (2014).
- 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

Se ha elegido una presentación en la que desde el principio se combinan conceptos e ideas generales (principios de equivalencia o de covariancia, curvatura, etc.) con aplicaciones (desplazamiento hacia el infrarrojo, aparición de horizontes, etc.).

Las clases serán **teóricas y prácticas.** En las teóricas el profesor introducirá los conceptos y desarrollos fundamentales de cada tema. En las prácticas se resolverán ejercicios y ejemplos.

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 junio-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 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	M,J	12:00-13:30	Luis Mario Fraile Prieto	2ª parte del temario	16	T/P	EMFTEL
				José Manuel Udías Moinelo	1ª parte del temario	20	T/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	Luis Mario Fraile Prieto	7	EMFTEL
2		Luis Mario Fraile Prieto	7	
3		Jaime Benito García	7	
4		Jaime Benito García	7	
5		Alejandro López Montes	7	
6		José Manuel Udías Moinelo	7	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Luis Mario Fraile Prieto	L y X: 9:30 a 11:00 (solicitar a otro horario)	lmfraile@ucm.es	Despacho 230, 3ª planta central
	José Manuel Udías Moinelo	M,J: 15-16:30 (+3h no pr.)	jose@nuc2.fis.ucm.es	Despacho 227, 3ª planta 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
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.

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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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@gae.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	2	M,J	15:00–16:30	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	14/10/2019: 10:30-13:30, 15:00-18:00	Barrio Uña, Juan Abel	6	EMFTEL
L2		15/10/2019: 10:30-13:30, 16:30-19:30	Barrio Uña, Juan Abel	6	
L3		16/10/2019: 10:30-13:30, 15:00-18:00	Barrio Uña, Juan Abel	6	
L4		17/10/2019: 10:30-13:30, 16:30-19:30	Barrio Uña, Juan Abel	6	
L5		18/10/2019: 10:30-13:30, 15:00-18:00	Barrio Uña, Juan Abel	3	
			López Moya, Marcos	3	
L6		21/10/2019: 10:30-13:30, 15:00-18:00	Barrio Uña, Juan Abel	6	
L7		22/10/2019: 10:30-13:30, 16:30-19:30	López Moya, Marcos	6	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Fernando Arqueros Martínez	M,J: 16:30-18:00 *	arqueros@gae.ucm.es	Desp. 223, 3ª pl.
	Juan Abel Barrio Uña	M,J: 11:30-13:00 *	barrio@gae.ucm.es	221. 3ª planta central
	Marcos López Moya	M,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 partículas cargadas con la materia
  Pérdidas colisionales para partículas cargadas pesadas. Fórmula de Bethe-Bloch. Leyes de escala. Alcance. Fórmula de Bethe-Bloch para electrones/positrones. Pérdidas radiativas. Dispersión elástica.
- Procesos de interacción de fotones con la materia
  Sección eficaz. Efecto fotoeléctrico. Scattering coherente. Scattering incoherente. Creación de pares.
- Detectores
  Detectores de gas. Detectores de centelleo. Detectores de estado sólido. Tiempo muerto. Espectrometría de partículas cargadas. Espectrometría de fotones. Método de coincidencias.
- Introducción a la dosimetría de radiaciones
  Unidades radiométricas. Coeficientes de atenuación. Coeficientes de transferencia y absorción de energía. Unidades dosimétricas. Medida de la dosis.
- Aplicaciones
  Producción de radiaciones ionizantes. Radiactividad natural. Métodos de datación. Radiación cósmica. 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 múltiples páginas web de interés.

Metodología

Las clases teóricas representan una parte fundamental de la asignatura. En el CV los alumnos tendrán acceso con suficiente antelación al material que se va a explicar en clase. Las clases se darán de manera habitual con el apoyo de medios audiovisuales modernos. Los conocimientos teóricos se complementan con la resolución de problemas que será previamente propuestos en el CV.

Las prácticas de laboratorio se organizarán en horarios adecuados para evitar solapamiento con otras actividades docentes. Para las prácticas de ordenador se cuenta con el aula de informática de la Facultad. En ambos tipos de prácticas, el alumno tendrá que entregar un informe con los resultados.

La charla del Radiofísico y la posterior visita se anunciarán con antelación suficiente.

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
Trabajos voluntarios
Participación en clase y en Seminarios.
Trabajos voluntarios
Visitas a Servicios de Radiofísica de Hospitales de Madrid

Calificación final

La calificación final será $N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

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

Grado en Física (curso 2019-20)

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	José Alberto Ruiz Cembranos			Dpto.	FT
	Despacho	231	e-mail	cembra@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	X,V	15:00-16:30	José Alberto Ruiz Cembranos	Todo el semestre	28	T	FT
				Hector Villarrubia Rojo	Todo el semestre	15	P	

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	José Alberto Ruiz Cembranos	M,J: 10:30 – 12:00 (+3 no presenciales)	cembra@fis.ucm.es	Despacho 17 3ª Pl. Oeste
	Hector Villarrubia Rojo	A determinar	hectorvi@ucm.es	Despacho 1 3ª 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
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.

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 valorarán tres tipos de trabajos distintos: 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. Cada uno de estos trabajos computará un 15% de la nota final.		
Calificación final		
La calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la siguiente fórmula: CF = (0.55 Examen + 0.45 Actividades) La calificación del apartado Otras actividades de evaluación de la convocatoria ordinaria, será mantenida para la correspondiente convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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 fuertemente cursar simultáneamente la asignatura de Mecánica Teórica y sobre todo Electrodinámica Clásica. La asignatura Simetrías y Grupos en Física también puede resultar muy útil.

Profesor/a coordinador/a	Antonio Dobado González		Dpto.	FT
	Despacho	231	e-mail	dobado@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	X,V	12:00-13:30	Antonio Dobado González	De 5/09 a 18/11 y de 9/12 a 17/12	35.5	T/P	FT
				Carlos Quezada Calonge	De 19/11 al 5/12	7.5	T/P	
B	4A	M,J	12:00-13:30	Antonio Dobado González	De 5/09 a 18/11 y de 9/12 a 17/12	35.5	T/P	
				Carlos Quezada Calonge	De 19/11 al 5/12	7.5	T/P	

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A y B	Antonio Dobado González	M,J: 13:30-16:30	dobado@fis.ucm.es	231.0 3ª Pl. Central
	Carlos Quezada Calonge	J: 17:00-19:00	cquezada@ucm.es	1 3ª planta. Oeste

Programa de la asignatura

Tema 1: Ecuaciones de Klein-Gordon y de Dirac.

Tema 2 : Cuantización del campo electromagnético.

Tema 3: Cuantización canónica covariante de un campo escalar.

Tema 4: Matriz S, secciones eficaces y vidas medias.

Tema 5: Cuantización canónica de campos fermiónicos.

Tema 6: Electrodinámica cuántica.

Bibliografía

M.E. Peskin, D.V. Schroeder. *An Introduction to Quantum Field Theory.* Addison Wesley 1995.

L. Álvarez-Gaumé, M. A. Vázquez-Mozo. *An Invitation to Quantum Field Theory* Springer Verlag. 2012.

F. J. Ynduráin. *Relativistic Quantum Mechanics and Introduction to Field Theory*, Springer-Verlag 1996.

S. Weinberg. *The Quantum Theory of Fields*, vols.I, II. Cambridge University Press 1994, 1995.

A. Zee. *Quantum Field Theory in a Nutshell*. Princeton University Press. 2010.

V.B. Berestetskii, E.M. Lifshitz and L.P. Pitaevskii. *Relativistic Quantum Theory*. Curso de Física Teórica. Course of Theoretical Physics. Vol. 4. Part. I. Pergamon Press. 1971.

K. Huang. *Quantum Field Theory*. John Wiley & Sons. 1998.

D. McMahon. Quantum Field Theory Demystified, Mc Graw Hill. 2008.

Recursos en internet

Metodología

Se impartirán clases, en la pizarra, en las que se explicarán y discutirán los diversos temas del programa. Los conceptos y técnicas introducidos en la explicación de los temas se ilustrarán con ejemplos y problemas que se resolverán en clase. Se estimulará la discusión, individual y en grupo, con los alumnos de todos los conceptos y técnicas introducidos en clase.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

Se realizará un examen final escrito. El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de 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, trabajos entregables, realización de las prácticas e informes de laboratorio.

Calificación final

La calificación final será (si N_{examen} es mayor o igual a 5): $N_{Final} = 0.7N_{Exámen} + 0.3N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.

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

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	2	X V	09:00–10:30 10:30–12:00	Mercedes Martín Benito	43	FT

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Mercedes Martín Benito	X: 10:30-13:00 y 14:30-16:00 V: 12:30-14:30	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.

Recursos en internet

Campus Virtual UCM

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Clases de teoría
- Resolución de problemas propuestos durante el curso.

Las lecciones de teoría y la resolución de problemas tendrán lugar fundamentalmente en la pizarra, aunque podrán ser complementadas ocasionalmente con proyecciones con ordenador.

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

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	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 4.5 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 4.5 la calificación final será $$CF = E.$$		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	África Castillo Morales		Dpto.	FTA
	Despacho	14, Pl. Baja, Oeste	e-mail	acasmor@fis.ucm.es

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	L V	13:30-15:00 12:00–13:30	África Castillo Morales	Todo el semestre	33	T	FTA
				Patricia Sánchez Blázquez	Clases de problemas a lo largo del curso	10	P	
B	2 7	L V	10:30-12:00	Patricia Sánchez Blázquez	Todo el semestre	43	T/P	

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	África Castillo Morales	L,X: 10:30-13:00 (1h no pr.)	acasmor@fis.ucm.es	despacho 14, planta baja oeste
B	Patricia Sánchez Blázquez	L,X: 15:00-16:30 (3h no pr.)	psanchezblazquez@ucm.es	despacho 10, planta baja oeste

Programa de la asignatura

1. Introducción

Clases y evaluación. Bibliografía. Temario del curso. Expectativas generales. Historia del estudio de galaxias. Conceptos básicos de Astrofísica observacional.

2. La Vía Láctea

Componentes. Morfología. Parámetros físicos. Formación y evolución.

3. Parámetros físicos básicos de las galaxias

Escala de distancias. Fotometría de galaxias. Morfología. Dinámica. Propiedades de las galaxias según su tipo morfológico.

4. Poblaciones estelares en galaxias

Tasa de formación estelar (SFR). Historia de la formación estelar (SFH). Escalas de tiempos. Función inicial de masas. Trazadores de la SFR y la SFH. Poblaciones estelares resueltas y globales. Galaxias con formación estelar. Síntesis de poblaciones estelares. Evolución química.

5. Galaxias con núcleos activos

Galaxias con actividad nuclear. Rasgos observacionales. Clasificación de los AGN. Propiedades físicas. Modelo unificado. Evolución.

6. Propiedades estadísticas de las galaxias

Colores de las galaxias. Secuencia roja y nube azul. Dependencia con otros parámetros. Cuentas de galaxias. Tamaños. Funciones de luminosidad. Funciones de masa. Integrales de la función de luminosidad y masas. Emisión cósmica. Relaciones y correlaciones básicas.

7. Distribución espacial de galaxias

El Grupo Local. Grupos de galaxias. Cúmulos. Estructura a gran escala. Distribución espacial de la materia. Descripción física de la estructura cósmica.

8. Formación y evolución de galaxias: teoría y observaciones

Exploraciones de galaxias. Métodos para seleccionar galaxias distantes. Formación y evolución de las galaxias. Galaxias en el contexto cosmológco.

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

1. Campus virtual.
2. NED Level 5 en http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5.
3. ADS en http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html.

Metodología
Clases magistrales. Los ficheros de las presentaciones estarán accesibles a los alumnos. Clase prácticas consistentes en ejercicios a resolver en clase.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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 y del avance de la clase se propondrán: - Tandas de ejercicios evaluables a trabajar en grupo para sesolver en clase y para entregar a través del Campus Virtual. - Trabajos en grupo sobre artículos científicos relacionados con la asignatura a presentar oralmente o por escrito.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Despacho 14	**e-mail**	maroto@ucm.es

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

Grupo	**Aula**	**Día**	**Horario**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
A	2	L, X	12:00-13:30	Antonio López Maroto	37	FT
B	5A 6	L X	10:30-12:00	Felipe Llanes Estrada	37	

Tutorías

Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Antonio López Maroto	M: 10:00-13:00 J: 15:00-18:00	maroto@ucm.es	Despacho 14 3ª pl. Oeste
B	Felipe Llanes Estrada	L, X: 12:00-13:30 M: 12:00-13:00 J: 11:00-13:00	fllanes@fis.ucm.es	Despacho 24 3ª pl. Oeste

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Laboratorio de Física Teórica	Abril 20, 21, 22 (15:30-17:30)	Mindaugas Karciauskas	6	FT
L2	Laboratorio de Física Teórica	Abril 23, 24, 27 (15:30-17:30)	Mindaugas Karciauskas	6	
L3	Laboratorio de Física Teórica	Abril 28, 29, 30 (15:30-17:30)	Mindaugas Karciauskas	6	
L4	Laboratorio de Física Teórica	Mayo 4 , 5, 6 (15:30-17:30)	Miguel Aparicio Resco	6	
L5	Laboratorio de Física Teórica	Mayo 7, 8, 14 (13:30-15:30)	Miguel Aparicio Resco	6	
L6	Laboratorio de Física Teórica	Mayo 7, 8, 13 (15:30-17:30)	Mindaugas Karciauskas	6	
L7	Laboratorio de Física Teórica	Mayo 6, 11, 13 (12:00-14:00)	Miguel Aparicio Resco	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 y perturbaciones cosmológicas**: problemas de la planitud y horizontes, modelos de inflación. Origen y formación de grandes estructuras, anisotropías del fondo cósmico de microondas.
8. Determinación de parámetros cosmológicos a partir de observaciones de supernovas, fondo cósmico de microondas y estructura a gran escala..

Prácticas

Se pretende que los alumnos adquieran un conocimiento más cercano a la investigación real en el campo a la vez que se muestra el enlace entre diversos datos experimentales y los modelos teóricos actuales sobre el origen y evolución del Universo. En particular, se abordan evidencias observacionales fundamentales en la cosmología, como las medidas de distancia de luminosidad de supernovas de tipo Ia.

El laboratorio consistirá en una serie de estudios estadísticos de máxima verosimilitud de distintos datos experimentales con diferentes modelos de evolución cosmológica.

Bibliografía
• E.W. Kolb and M.S. Turner, *The Early Universe*, Addison-Wesley, (1990) • S. Dodelson, *Modern Cosmology*, Academic Press (2003) • V.F. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology, Cambridge (2005) • A.R. Liddle and D.H. Lyth, *Cosmological Inflation and Large-Scale Structure*, Cambridge (2000) • A.R. Liddle*, An Introduction to Modern Cosmology*, Wiley (2003) • T. Padmanabhan*, Theoretical Astrophysics, vols: I, II y III*, Cambridge (2000) • S. Weinberg, *Cosmology*, Oxford (2008) • B. Ryden, Introduction to Cosmology, Cambridge (2017)
Recursos en internet
Campus virtual

Metodología
• Clases de teoría y problemas. • Se entregarán a los alumnos hojas con enunciados de problemas especialmente diseñadas para que el alumno vaya ejercitándose de manera gradual, y adquiriendo de forma secuencial las destrezas correspondientes a los contenidos y objetivos de la asignatura. • Se contempla la realización de práctica con ordenador.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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 La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	2	X, V	10:30-12:00	Francisco Blanco Ramos	43	EMFTEL

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Francisco Blanco Ramos	X,V: 12:00-13:30 (+3h no pr.)	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

Metodología
En las clases de teoría se utilizarán todos los medios disponibles: pizarra, proyección de transparencias y presentaciones con ordenador. Los conceptos teóricos explicados se reforzarán con ejercicios intercalados durante las clases. Se potenciará la colaboración de los alumnos en estos ejercicios, pudiendo pedir la entrega de algunos. A lo largo del curso se propondrá la realización de varios ejercicios, entre ellos algunos similares a los expuestos en clase, y otros de cálculo numérico con software cuyo manejo se explicará previamente.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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 3.5 (sobre 10) para aprobarlo. En caso de ser preciso acudir a la convocatoria extraordinaria de junio-julio y haber aprobado una de las dos partes, se conservará su calificación.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Ejercicios entregados de forma individual o en grupo.		
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, o bien directamente la calificación del examen final si ello fuese más ventajoso para el alumno. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	José Alberto Ruiz Cembranos		Dpto.	FT
	Despacho	17, 3ª Pl. Oeste	e-mail	cembra@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	M, J	12:00-13:30	José Alberto Ruiz Cembranos	Todo el semestre	30.5	T/P	FT
				Clara Álvarez Luna	Todo el semestre	7.5	P	
B	3 6	L X	12:00-13:30	José Alberto Ruiz Cembranos	Todo el semestre	30.5	T/P	
				Clara Álvarez Luna	Todo el semestre	7.5	P	

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A y B	José Alberto Ruiz Cembranos	M,J: 10:30–12:00 (+3 no presenciales)	cembra@fis.ucm.es	Despacho 17 3ª Pl. Oeste
	Clara Álvarez Luna	M,J: 11:00–12:00	claraa01@ucm.es	1, 3ª pl. Oeste

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Laboratorio de Física Teórica	Marzo 2 y 5 (15:00-17:30)	Clara Álvarez Luna	5	FT
L2		Marzo 9 y 12 (15:00-17:30)		5	
L3		Marzo 16 y 19 (15:00-17:30)		5	
L4		Marzo 23 y 26 (15:00-17:30)		5	
L5		Marzo 31 y Abril 1 (15:00-17:30)		5	
L6		Mayo 11 y 12 (15:00-17:30)		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 sabo**r:
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).

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
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 expondrán en clase los temas del programa enumerados como temas de especialización.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50%
Se realizará un examen final que computará un 50% a la nota final.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	50%
En este apartado se valorarán cuatro tipos de trabajos distintos: 1. Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual 2. Informe de las prácticas de laboratorio 3. Desarrollo de uno de los 7 primeros temas del programa principal (temas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7). 4.- Desarrollo de uno de los temas del programa de especialización (tema 8). Este trabajo será expuesto en clase. Cada uno de los tres primeros trabajos computará un 10% a la nota final de la asignatura, mientras que el desarrollo del tema de especialización contribuirá con un 20%.		
Calificación final		
La calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la siguiente fórmula: CF = (0.50 Examen + 0.50 Actividades) La calificación del apartado Otras actividades de evaluación de la convocatoria ordinaria, será mantenida para la correspondiente convocatoria extraordinaria.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	e-mail	f.sols@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	2	M, J	10:30-12:00	Fernando Sols Lucia	43	FM

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Fernando Sols Lucia	M,J,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.

3. **Teoría cuántica del transporte electrónico.** Longitudes características. Efecto Aharonov-Bohm. Conductancia como transmisión. Efecto Hall cuántico.

4. **Superconductividad y superfluidez.** Interacción electrón-fonón en metales. Efectos cuánticos macroscópicos. Teorías microscópicas (BCS y Bogoliubov).

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).
- 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

Clases teóricas generales y ejemplos y ejercicios prácticos.

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

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:

$$\mathbf{CF} = \text{máx}\,(0.30*A + 0.70*E,\ E)$$

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

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Ricardo Brito López		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	114 – Pl. 1ª, Este	e-mail	brito@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	M,J	9:00-10:30	Ricardo Brito López	Todos los jueves excepto dos días de laboratorio	22	T/S	EMFTEL
				Víctor Martín Mayor	Los 5 primeros martes	7	T/P	FT

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
A1	Lab. de Física Computacional de FT	Martes de 9:00 a 10:30 desde el 3 de marzo hasta completar las horas.	Víctor Martín Mayor	11	FT
A2	Lab. de Física Computacional de FT	Martes y miércoles de 14:30 a 16:00 desde el 25 de febrero hasta completar las horas.	Víctor Martín Mayor	11	
A3	Lab. de Física Computacional de FT	Lunes y viernes de 9:00 a 10:30 desde el 24 de febrero hasta completar las horas.	Víctor Martín Mayor	11	
LT1	Lab. de Termología de EMFTEL	Dos jueves de 9:00 a 10:30 a precisar según avance el temario.	Ricardo Brito López	3	EMFTEL
LT2	Lab. de Termología de EMFTEL	Dos jueves de 15:00 a 16:30 a precisar según avance el temario.	Ricardo Brito López	3	

Tutorías				
Grupo	**Profesor**	**horarios**	**e-mail**	**Lugar**
A	Ricardo Brito López	M: 12:00-13:30, J: 12:00-13:30 (3 h no pres. de L-V)	brito@fis.ucm.es	Despacho:114.0. 1ª Planta Este
	Víctor Martín Mayor	L: 9:00-13:00 M: 10:30-12:30	vicmarti@ucm.es	Despacho 4 3ª Planta Oeste

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:

Práctica 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).

Práctica 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
La asignatura constará de clases de teoría, una práctica en el Laboratorio de Física Teórica y una práctica en el Laboratorio de Termología. En las clases de teoría se explicarán los conceptos y hechos empíricos fundamentales relativos a las fases de la materia y los fenómenos críticos en las transiciones de fase. En el Laboratorio de Termología se estudiará la transición líquido-vapor para un fluido (SF6), observando la coexistencia de fases y el punto crítico. En el Laboratorio de Física Teórica se llevará a cabo una simulación de un modelo físico que experimenta una transición de fase continua. Se proporcionarán los programas de simulación y de análisis básico de resultados, dejando al estudiante todas las tareas de comparación y discusión de los mismos. La práctica se realizará bajo supervisión del profesor y tendrá una duración aproximada de cinco semanas. *Antes de comenzar el laboratorio de Física* Teórica *se ofrecerá una actividad (no evaluable) de introducción básica al Linux.*

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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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-D13	e-mail	weigand@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	L,X	9:00-10:30	Rosa Weigand	de 27-01 a 11-03	18.5	T/P	OPT
				Alfredo Luis Aina	de 16-03 a 13-05	18.5	T	OPT

T:teoría, P:prácticas

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Alfredo Luis Aina	X,J,V: 12:00-13:00 14:00-15:00	alluis@fis.ucm.es	Despacho 220.0 Primera planta
	Rosa Weigand Talavera	M,J: 15:00-18:00	weigand@fis.ucm.es	Dpto. Óptica Despacho D-04

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
A1	Lab. 2ª Pl.	L 17 y 24 de febrero (15:00-16:30)	Rosa Weigand	3	OPT
A2		X 19 y 26 de febrero (15:00-16:30)	Rosa Weigand	3	OPT
A3		V 21 y 28 de febrero (15:00-16:30)	Rosa Weigand	3	OPT
A4		L 2 y 9 de marzo (15:00-16:30)	Rosa Weigand	3	OPT
A5		X 4 y 11 de marzo (15:00-16:30)	Rosa Weigand	3	OPT
A1	LOC*	L 20 de abril (15:00-18:00)	Óscar Martínez	3	OPT
A2		L 27 de abril (15:00-18:00)	Óscar Martínez	3	OPT
A3		X 15 de abril (15:00-18:00)	Óscar Martínez	3	OPT
A4		X 22 de abril (15:00-18:00)	Óscar Martínez	3	OPT
A5		X 29 de abril (15:00-18:00)	Óscar Martínez	3	OPT
A6		V 17 de abril (15:00-18:00)	Óscar Martínez	3	OPT
A7		V 24 de abril (15:00-18:00)	Óscar Martínez	3	OPT

* LOC= Laboratorio de Óptica Coherente, primera planta

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
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: - Clases de teoría, donde se presentarán y comentarán los contenidos, ilustrados con ejemplos y aplicaciones. - Clases prácticas, que incluyen la resolución de problemas, la realización de prácticas en el laboratorio, trabajos con apoyo multimedia. En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador o transparencias, simulaciones por ordenador, etc.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
El examen tendrá una parte de cuestiones prácticas (problemas) de nivel similar a los resueltos en clase y se podrá consultar un libro de teoría de libre elección por parte del alumno o las presentaciones del Campus Virtual. El examen final de la asignatura en la convocatoria de mayo/junio constará de dos partes. El examen de la primera parte (Láser) se realizará el 25 de marzo de 2020, 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 junio-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.		

7. Fichas de asignaturas de cuarto curso (Física Aplicada)

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	L, X	10:30-12:00	Isabel Gonzalo Fonrodona	40	OPT
B	5A	L, X	16:30-18:00	Óscar Martínez Matos	40	OPT

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Isabel Gonzalo Fonrodona	L,X: 12-13 y 14:30-15	igonzalo@fis.ucm.es	Dpto. Óptica. Dpcho. C1-.221.0
B	Óscar Martínez Matos	L: 10:30-13:30h On line M: 10:30-13:30 desp. 20	omartine@fis.ucm.es	Dpto. Óptica. Dpcho. O1-D20

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**Horas**	**Dpto.**
L1	205.A	X 11/12/2019; 16:30-18:00 L 16/12/2019; 16.30-18:00	Óscar Martínez Matos	3	OPT
L2	205.A	V 13/12/2019; 16:30-19:30	Óscar Martínez Matos	3	OPT
L3	205.A	V 29/11/2019; 16:30-19:30	Óscar Martínez Matos	1.5	OPT
			Profesor Ayudante Doctor	1.5	OPT
L4	205.A	X 11/12/2019; 10:30-12:00 L 16/12/2019; 10:30-12.00	Profesor Ayudante Doctor	3	OPT
L5	205.A	V 13/12/2019; 10:30-13:30	Profesor Ayudante Doctor	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. Fotoelasticidad. Efecto Pockels.
  - 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

Campus virtual.

Metodología
• 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.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Se realizarán un examen parcial voluntario (en horario de clase) y un examen final obligatorio. 1.- El examen parcial voluntario versará sobre los contenidos explicados hasta esa fecha. La nota del examen parcial (Exp) se pondrá en escala de 0 a10. 2.- El examen final constará de dos partes Ex1 y Ex2. La parte Ex2 deberán realizarla todos los alumnos. Ex1 es voluntaria para los que han liberado los contenidos del examen parcial y obligatoria para el resto. La nota final de examen (Ex) será: Para los que liberaron el parcial: la máxima entre (Exp+ Ex2)/2 y (Ex1+Ex2)/2. Para los demás: (Ex1+Ex2)/2. Si el examen parcial no incluye la mitad de la asignatura, entonces la media a considerar sería ponderada.		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
En este apartado se valorarán algunas de las siguientes actividades siempre con carácter voluntario: - La participación y calificación del examen parcial cuando no se cuente como eliminatorio. - Entrega de problemas, ejercicios y trabajos, individuales o en grupo, que podrán realizarse o ser resueltos durante las clases. - Prácticas de laboratorio. Se realizarán dos prácticas de laboratorio al final del cuatrimestre que se realizarán y discutirán en grupos.		
Calificación final		
La calificación final C será la máxima entre: - La nota del examen final, Ex (en una escala de 0 a 10). - La obtenida aplicando los porcentajes anteriores a las diferentes partes evaluadas, es decir, C = 0.70 Ex + 0.30 A, siendo A (en una escala de 0 a 10) la nota de las actividades complementarias. **Sólo se podrán aplicar los porcentajes anteriores cuando la nota Ex sea igual o superior a 4.5.** Para superar la asignatura será necesario obtener una puntuación C mayor o igual a 5. La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	M, J	10.30-12.00	Ignacio Mártil de la Plaza	43	EMFTEL
B	5A	M, J	16:30-18:00	David Pastor Pastor	43	EMFTEL

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Ignacio Mártil de la Plaza	J,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
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: • Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones (3 horas por semana). • Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas en función del volumen de matrícula. En las lecciones de teoría se utilizará la pizarra y proyecciones con ordenador y transparencias. Ocasionalmente, estas lecciones se verán complementadas con simulaciones por ordenador y prácticas virtuales, que serán proyectadas en el aula. Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en la clase, que los encontrará en el campus virtual. Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entregas de ejercicios tales como problemas resueltos y trabajos específicos.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Se realizará un examen parcial en horario de clase (a mediados del semestre) y un examen final. El examen parcial tendrá una estructura similar al examen final. 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. 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 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		
La calificación final será la mejor de las opciones $C_{Final}=0.7N_{Final}+0.3N_{OtrasActiv}$. $C_{Final}=N_{Final}$. 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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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	233.C	e-mail	juan.jimenez@fis.ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	L X	14:00-15:30 13:30-15:00	Juan Jiménez Castellanos	33	ACyA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Juan Jiménez Castellanos	X y V: 9:30-12:30	juan.jimenez@fis.ucm.es	233.C

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
A1	Laboratorio 108	De 14:00 a 15.30 los lunes: 16 y 30 de septiembre 14 y 28 de octubre 11 y 25 de noviembre 2 de diciembre	Juan Jiménez Castellanos	10	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

  Conceptos de modelado. Modos de representación de sistemas dinámicos. Metodología de modelado. Ejemplos de modelos: sistemas mecánicos, sistemas electrónicos, electro-mecánicos, microscopio de fuerza atómica AFM, interferómetro de Michelson, dinámica de poblaciones, interruptor genético…

- Tema 3. Comportamiento dinámico

  Análisis de sistemas dinámicos. Estabilidad de Liapunov. comportamiento paramétrico y no local (regiones de atracción, bifurcaciones).

- Tema 4. Sistemas lineales

  Linealización. Respuesta temporal. Transformada de Laplace. Función de transferencia. Lugar de las raíces.

- Tema 5. Control por realimentación de estados.

  Realimentación de estados y de las medidas. Controlabilidad. Estimación de estados. Filtro de Kalman. Estructura general de un controlador. Control óptimo lineal cuadrático. Ejemplos de diseño.

- Tema 6. Respuesta en frecuencia y diseño de controles en frecuencias.

  Diagrama de Bode. Criterio de estabilidad de Nyquist. Márgenes de estabilidad. Especificaciones para control. Diseño de controladores. Acciones PID.

- Tema 7. Aspectos prácticos del control.

  Límites al control. Implementación del control en un computador. Control en tiempo real.

Bibliografía

- 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.
- K. Ogata. *Ingeniería de control moderna*. 5ª Edición. Prentice Hall, 2010.
- B.C. Kuo. *Sistemas de control automático*. 7ª Edición. Prentice Hall. 1996.

Recursos en internet

La asignatura está en el Campus Virtual y contiene los apuntes y otro material auxiliar para su seguimiento. Se harán prácticas de control en tiempo real a través de internet utilizando un laboratorio remoto.

Metodología
La asignatura se impartirá mediante clases teóricas, seminarios, tutorías y prácticas.
Las clases teóricas consistirán en lecciones magistrales en las que se expondrá el temario completo de la asignatura. Para su correcto seguimiento se dispondrá de apuntes disponibles en el Campus Virtual y de material auxiliar como libros electrónicos y artículos de interés. Número de horas presenciales 20.
Los seminarios consistirán en el planteamiento y realización de ejercicios y problemas propuestos. Número de horas presenciales 9.
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. Se dispone de un laboratorio remoto con sistemas reales, a los que los alumnos se pueden conectar por Internet para controlar y ver los resultados en forma gráfica, y también ver el comportamiento real del sistema mediante una cámara. 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.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	50%
Se realizarán dos exámenes escritos en convocatoria ordinaria de junio y extraordinaria de junio-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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	Aula Informática 15	X V	9:00-10:30 10:30-12:00	Francisco J. Cao García	Durante 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,X,J: 10:30-11:30 (solicitar hora por email)	francao@fis.ucm.es	despacho en pasillo frente a 216. 3ª planta. Módulo Central

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

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..

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 2019-20)

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).

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	T/P	horas	Dpto.
A	5A	L V	12:00-13:30 13:30-15:00	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)	07/10/19, 28/10/19 04/11/19, 25/11/19 Horario: 12:00-13:30	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 (+3h no pr.)	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

- Circuitos Microelectrónicos. A. S. Sedra, K. C. Smith. McGraw-Hill (2006).
- Electrónica. A. R. Hambley. Prentice Hall (2010).
- Circuitos Digitales y Microprocesadores. Herbert Taub. McGraw-Hill. (1995).
- Principios de Diseño Digital. Daniel D. Gajski. Prentice Hall. (1997).

Complementaria

- Análisis y diseño de circuitos integrados analógicos. P. Gray, R. G. Meyer. Prentice Hall Hispanoamericana (1995).
- CMOS Digital Integrated Circuits. S. M. Kang, Y. Leblebici. McGraw-Hill (2003).

Recursos en internet

Utilización del campus virtual

Metodología

Clases de teoría. Clases prácticas con ejemplos de aplicación. Realización de prácticas de laboratorio (4 sesiones de 1,5 horas en horario de clase, en grupos de dos alumnos). Propuesta de relaciones de problemas para entregar. Propuesta de ejercicios de simulación con PSpice.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	60 %

Examen final de cuestiones y problemas. En caso de ser necesario se facilitará un formulario (6 puntos).

Otras actividades	Peso:	40 %

- Realización de prácticas de laboratorio 15% (1,5 puntos).
- Realización de ejercicios que involucren simulación con PSpice, entrega de relaciones de problemas propuestos 25% (2,5 puntos).

Calificación final

La calificación final será la suma de las calificaciones del examen, las prácticas de laboratorio, las relaciones de problemas entregadas y los ejercicios de simulación con PSpice.

Se requerirá una calificación mínima del 40% con respecto al máximo en el examen, en las prácticas de laboratorio y en los ejercicios de simulación con PSpice para aprobar la asignatura.

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

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Jose Luis Vicent Lopez		Dpto.	FM
	Despacho	109	e-mail	jlvicent@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	X, V	12:00 - 13:30	Jose Luis Vicent López	33	FM

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	Lab. Física Estado Sólido	V de 12:00 a 14:00 : 13 de sept., 11 y 25 de octubre, 8 y 22 de noviembre	Patricia de la Presa Muñoz de Toro	10	FM
L2	Lab. Física Estado Sólido	V 13 de sept. 12:00–14:00 y J de 15:00 a 17:00 : 26 de sept., 3, 10 y 17 de octubre	Miguel Á. Romera Rabasa	10	FM

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Jose Luis Vicent López	L,V: 12:00-13:00 X: 11:00-12:00 (+3h no pr.)	jlvicent@fis.ucm.es	Dpcho 109 2ª Planta

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).
- Ch. Kittel, Introduction to Solid State Physics 8th Edition (Wiley, N.York 2005)

Recursos en internet

Metodología

Clases teóricas generales y ejemplos y ejercicios prácticos.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	60%

Se realizará un examen final que se calificará con nota de 1 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:

$$\mathbf{CF} = \text{máx}\ (0.40*A + 0.60*E,\ E)$$

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

Grado en Física (curso 2019-20)

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 solidos.
Conocimientos previos necesarios
Física del Estado Sólido.

Profesor/a coordinador/a	Lucas Pérez García		Dpto.	FM
	Despacho	210	e-mail	lucas.perez@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	L, V	9:00 - 10:30	Lucas Pérez García	33	FM

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	A concretar con los estudiantes		Lucas Pérez García	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	Lucas Pérez García	L,V: 10:30-12:00 (+3h no pr.)	lucas.perez@fis.ucm.es	210, 2ª Pl.

Programa de la asignatura

1. Introducción y estrategias generales de medida.
2. Sistemas criogénicos y técnias de vacío.
3. Técnicas de difracción: Rayos X, electrones y neutrones.
4. Microscopía electrónica y microscopías de campo cercano.
5. Espectroscopías ópticas: absorción, luminiscencia, Raman, infrarrojo.
6. Medidas de transporte eléctrico: resistividad, I-V, C-V, efecto Hall.
7. Caracterización magnética: magnetometría SQUID, MOKE, FMR.
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

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.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	60%
Se realizará un examen final en el que habrá que responder una serie de cuestiones similares a algunas que se habrán propuesto en clase como ejercicio.		
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 2019-20)

Termodinámica de la Atmósfera		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	Encarnación Serrano Mendoza			Dpto.	FTA
	Despacho	111	e-mail	eserrano@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	5A	M, J	9:00-10:30	Encarnación Serrano Mendoza	En función del desarrollo de las clases	21.5	T/P	FTA
				Carlos Yagüe Anguís	En función del desarrollo de las clases	21.5	T/P	FTA

T: teoría; P: prácticas

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Encarnación Serrano Mendoza	X: 09:30-12:30 *	eserrano@fis.ucm.es	Dpcho. 111 4ª pl. Este
	Carlos Yagüe Anguís	X: 16:30-18:00 J: 16:00-17:30 *	carlos@fis.ucm.es	Dpcho. 110 4ª pl. Este

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

Programa de la asignatura

1.- FUNDAMENTOS DE LA TERMODINÁMICA DE LA ATMÓSFERA.
Ecuación de estado del aire. Índices de humedad. Ecuación hidrostática: aplicaciones meteorológicas. Procesos adiabáticos y diabáticos. La entropía en Meteorología.

2.- DIAGRAMAS TERMODINÁMICOS.
Propiedades de los diagramas termodinámicos. Emagramas. Diagrama oblicuo: aplicaciones.

3.- CONDENSACIÓN DEL VAPOR DE AGUA EN LA ATMÓSFERA.
Transiciones de fase del agua. Ecuaciones termodinámicas del aire saturado. Equilibrio del vapor de agua con gotitas de agua: curvas de Kelvin y Köhler. Procesos atmosféricos que dan lugar a condensación de vapor de agua.

4.- CONDENSACIÓN ATMOSFÉRICA POR PROCESOS ISOBÁRICOS.
Formación de rocío y escarcha. Formación de nieblas de radiación y de advección. Procesos isentálpicos. Temperatura equivalente y temperatura del termómetro húmedo. Mezclas isentálpicas de masas de aire. Nieblas de mezcla.

5.- CONDENSACIÓN ATMOSFÉRICA POR ASCENSO ADIABÁTICO.
Saturación del aire por ascenso adiabático. Procesos de saturación adiabáticos reversibles. Procesos seudoadiabáticos. Temperatura seudo-potenciales equivalente y del termómetro húmedo. Efecto Föhn.

6.- ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA.
Criterios de estabilidad en aire no saturado. Criterios de estabilidad en aire saturado. Inestabilidad condicional. Inestabilidad convectiva. Análisis de estabilidades mediante el diagrama oblicuo.

Bibliografía

BÁSICA

- Iribarne, J.V. and W.L. Godson: *Atmospheric Thermodynamics*. Reidel Publ. Co., Dordrecht (1992)

COMPLEMENTARIA

- Ahrens, C.D.: *Meteorology Today.* West Publ. Co. (2013)
- Bohren, C. and B. Albrecht : *Atmospheric Thermodynamics*. Oxford University Press (1998)
- Curry, J.A. and P.J. Webster: *Thermodynamics of Atmospheres & Oceans*. Academic Press (1999)
- Wallace, J.M. and P.V. Hobbs : *Atmospheric Science : An Introductory Survey*. Academic Press (2006)

Recursos en internet

Campus virtual de la asignatura, en la que se incluirá enlaces-e externos.

http://meteolab.fis.ucm.es

Metodología

Se impartirán:

- Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos y fenómenos de la Termodinámica de la Atmósfera, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales.
- Clases prácticas (problemas, resolución de aplicaciones reales) que se irán intercalando adecuadamente con las clases de teoría, como apoyo y complemento de éstas últimas.

Entre las actividades de carácter práctico, se podrá realizar una visita a la estación AEMET situada en el Aeropuerto de Madrid (Adolfo Suárez-Barajas) coincidiendo con el lanzamiento del radiosondeo diario de las 12 Z. Esta visita se planificaría en el acuerdo marco de colaboración existente entre AEMET y UCM, y tendría lugar fuera del horario de clase.

Los contenidos de las clases de teoría se explicarán utilizando la pizarra, así como las presentaciones proyectadas desde el ordenador. Estas presentaciones, junto con todo el material empleado en clases (problemas, tablas,….) serán facilitadas al alumno mediante el Campus Virtual de la asignatura con antelación suficiente.

Se realizará evaluación continua.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

Se realizará un examen final. El examen final tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase y propuestos). La calificación máxima será de 10.

La calificación mínima del examen final, N_{Ex_Final}, será de 4.0 para poder aprobar la asignatura.

El alumno no podrá consultar ningún tipo de material. Se aportará al alumno una relación de valores de constantes y tablas como apoyo para la resolución de los problemas.

Otras actividades de evaluación	Peso:	30%

Durante el curso, como parte de la evaluación continua, se realizarán dos pruebas tipo test (en horario de clase). Podrá incluirse como actividades añadidas de evaluación la entrega de ejercicios en las fechas que determine el profesor, en cuyo caso computarán con un 5% en el total del 30%. La calificación de aquellas actividades de evaluación no realizadas por el alumno será cero.

Sólo podrán obtener una calificación en este apartado ($N_{OtrasActiv}$) aquellos alumnos que hayan asistido como mínimo a un 70% de las clases en las fechas de las pruebas.

Calificación final

La calificación final será la mejor de las dos opciones:

$$C_{Final} = N_{Ex_Final} \qquad C_{Final} = 0.7\ N_{Ex_Final} + 0.3\ N_{OtrasActiv}$$

donde $N_{OtrasActiv}$ es la calificación correspondiente a Otras Actividades y N_{Ex_Final} la obtenida en el examen final. Esta opción sólo será aplicable si la calificación de N_{Ex_Final} es mayor o igual a 4.0 sobre 10.

La calificación de la segunda convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación, guardando para esta convocatoria la calificación correspondiente a Otras Actividades.

Grado en Física (curso 2019-20)

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	Mª Luisa Osete López		Dpto.	FTA
	Despacho	114	e-mail	mlosete@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	M,J	12.00-13.30	Mª Luisa Osete López	40	FTA

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
L1	AI 15	5 y 26 de noviembre	Alicia González López	3	FTA
L2	AI 15	5 y 26 de noviembre	Mercedes Rivero Montero	3	

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Mª Luisa Osete López	J: 15.00-18.00 (+3h no pr.)	mlosete@fis.ucm.es	Despacho 115 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 magnético. 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 Magnético de la Tierra**. Campos constituyentes. Modelos de referencia: IGRF. Variación secular.
8. **Paleomagnetismo**. Magnetización de la materia. Superparamagnetismo y teoría de Néel. Procesos de adquisición de remanencia magnética natural. Aplicaciones del paleomagnetismo.
9. **Evolución de campo principal**. Variación paleosecular. Inversiones y excursiones.
10. **Interacción Sol-Tierra**. Viento solar. Magnetosfera. Cinturones de Van Allen. Ionosfera. Variaciones del Campo magnético Externo. Tormentas magnéticas. Meteorología espacial.
11. **Origen del Campo magnético terrestre**. Introducción a la magnetohidrodinámica. El teorema del flujo congelado. Números adimensionales. 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

Campus Virtual

Metodología
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: • Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos del campo magnético 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 dos prácticas en las que se analizarán casos reales. P1: Análisis de las anomalías gravimétricas de Iberia y P2: Análisis de datos arqueomagnéticos. 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). Como parte de la evaluación continua, los estudiantes deberán entregar trabajos monográficos que serán discutidos en los Seminarios.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
Se realizará un sólo examen de teoría y problemas al final del curso. El exámen tendrá una parte de cuestiones básicas (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/o apuntes .		
Otras actividades de evaluación	**Peso:**	30%
Se obtendrán: - Hasta 10 puntos por los trabajos monográficos - Hasta 10 puntos por las prácticas y entrega de problemas - Hasta 10 puntos por la participación en clase y en los seminarios.		
Calificación final		
La calificación final será $N_{Final} = 0.7N_{Exámen} + 0.3N_{OtrasActiv}$, donde $N_{Exámen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica		Código	800544	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	15	3

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	Ignacio Mártil de la Plaza		Dpto.	EMFTEL
	Despacho	109.0	e-mail	imartil@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	L, X	9:00-10:30	Ignacio Mártil de la Plaza	40	EMFTEL

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
LAB	Lab. Electrónica (Sótano 109.0)	24 y 26 de febrero En horario de clase	Ignacio Mártil de la Plaza	3	EMFTEL

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Ignacio Mártil de la Plaza	M,J: 10:00-13:00	imartil@fis.ucm.es	Dpcho. 109.0 3ª Pl. Este

Programa de la asignatura

1. Unión PN real. Dispositivos de unión

1. Unión real.

Corrientes de Generación/Recombinación en la Z.C.E. Efectos de alta inyección. Procesos de ruptura.

2. Modelo PSPICE de la unión. Obtención de los parámetros PSPICE.
3. Dispositivos opto-electrónicos de unión: Células solares, LEDs.

2. Transistor bipolar BJT: Modelos y Tecnología

1. Estructura y principio de operación.
2. Corrientes y parámetros característicos.
3. El transistor real.

Tecnología de transistores bipolares. Transistor de base gradual. Otros efectos en transistores reales.

4. Modelo PSPICE del BJT.

3. Transistor bipolar BJT: Modelos equivalentes de pequeña señal.

1. Parámetros de pequeña señal y circuitos equivalentes.
2. Parámetros de admitancia.
3. Frecuencias de corte.
4. Circuitos equivalentes usuales.
5. HBT: de la micro a la nanoelectrónica.

4. Transistor MOSFET

1. Unión Metal/Semiconductor.
2. Estructura MOS ideal.

Diagrama de bandas. Análisis cuantitativo.

3. Estructura MOS real.

Capacidad. Longitud de Debye.

4. Transistor MOSFET.

Regiones de funcionamiento: zona lineal y zona de saturación.

5. Tecnologías de transistores MOSFET de canal largo.
6. Tecnologías MOS en escalas nanométricas.

7. Introducción a la Nanoelectrónica

1. Otros Transistores de Efecto Campo
2. Transistor de un solo electrón.

Prácticas de laboratorio. Se realizarán dos prácticas en grupos de 2 personas:

A. Caracterización electro-óptica de una célula solar.
B. Caracterización electro-óptica de diodos emisores de luz.

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.- Mouthan, T., ”Semiconductor Devices Explained using active simulation”, J.Wiley 1999
4.- Neamen, D.A., “Semiconductor Physics and Devices”, Irwin 1997.
5.- Neudeck, G.W., “El transistor Bipolar de Unión”, Addison-Wesley 1994.
6.- Pierret, R.F., “Dispositivos de Efecto Campo”, Addison-Wesley 1994.
7.- Singh, J., “Semiconductor Devices”, McGraw-Hill 1994.
8.- Sze, S.M., “Physics of Semiconductor Devices”, J. Wiley 2007.
9.- Sze, S.M., “Semiconductor Devices, Physics and Technology”, J. Wiley 2002.
10.- Tyagi, M.S., “Introduction to Semiconductor Materials and Devices”, J. Wiley 1991.

Recursos en internet

En el Campus Virtual de la UCM

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

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

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

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

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

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%

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:

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

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

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 e informes sobre las prácticas de laboratorio entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.

Calificación final

La calificación final será la mejor de las opciones:

$$C_{Final} = 0.7\ N_{Final} + 0.3\ N_{Otras\ Activ}$$

$$C_{Final} = N_{Final}$$

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 junio-julio se guardará la nota obtenida de las Otras actividades de evaluación.

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P/S	Dpto.
A	5A	M y J	10:30-12:00 (*)	Angel S. Sanz Ortiz	Enero-Febrero	10	T/P/S	OPT
			10:30-12:00	Juan Antonio Quiroga Mellado	Febrero-Marzo-Abril	23	T/P/S	OPT

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios
* Las clases de los martes 28E, 4F y 11F se impartirán excepcionalmente de 13:30 a 15:00 horas.

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

Grupo	Lugar	sesiones	Profesor	horas	Dpto.
A	Lab Óptica	M-J: Abril-Mayo, 10:30-12:00	Juan Antonio Quiroga Mellado	5	OPT
	Lab Óptica	M-J: Abril- Mayo, 10:30-12:00	Angel S. Sanz Ortiz	5	OPT

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Juan Antonio Quiroga Mellado	L,X : 10:00–12:00	aq@fis.ucm.es	O1-D07
	Angel S. Sanz Ortiz	L,M: 14:00-16:00 V: 12:00-14:00	a.s.sanz@fis.ucm.es	O1-D06

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

Se utilizará el Campus Virtual. Adicionalmente existen páginas Web de la asignatura con resultados de cursos anteriores:

http://www.ucm.es/info/optica/dio/ http://www.ucm.es/info/optica/dio/index_en.htm

Metodología

El curso está dividido en dos partes. En la primera parte se impartirá el temario especificado en el programa de la asignatura. En la segunda parte se asignarán una serie de proyectos para su realización en grupos. Al comenzar esta fase los alumnos harán una presentación pública con los objetivos a alcanzar en el proyecto asignado. Los proyectos se desarrollarán en el horario de la asignatura en el Laboratorio de Óptica. Al finalizar el periodo de 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.

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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	3	L	10:30-12:00	Carlos Armenta Déu	del 27/01 al 24/04 de 2020	23.5	T,P	EMFTEL
	3	V	12:00-13:30	Samuel España Palomares	del 27/04 al 11/05 de 2020	6		

T:teoría, P:prácticas

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Carlos Armenta Déu	L,V: 13:30-15:00 (+3 no pr.)	cardeu@fis.ucm.es	211, 3ª Pl., Módulo Central
	Samuel España Palomares	L,V: 10:30-12:00	sespana@ucm.es	230, 3ª Planta, Módulo Central

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Lab. Energías Renovables 3ª pl. Módulo central sur y Lab. de Física Nuclear 3ª pl. Módulo central norte	9 sesiones de 1.5 h. Viernes: 9:00–10.30 o 13:30–15:00	Jaime Rosado Vélez Rodrigo García Hernansanz Cristina Rincón Caribaño Pablo Galve Lahoz Samuel España Palomares	4.5 3 1.5 3 1.5	EMFTEL
L2		9 sesiones de 1.5 h. Viernes: 9:00–10.30 o 13:30–15:00	Jaime Rosado Vélez Rodrigo García Hernansanz Cristina Rincón Caribaño Pablo Galve Lahoz Samuel España Palomares	4.5 3 3 1.5 1.5	EMFTEL
L3		9 sesiones de 1.5 h. Viernes: 9:00–10.30 o 13:30–15:00	Jaime Rosado Vélez Rodrigo García Hernansanz Cristina Rincón Caribaño Pablo Galve Lahoz Samuel España Palomares	4.5 3 1.5 1.5 3	EMFTEL
L4		9 sesiones de 1.5 h. Viernes: 9:00–10.30 o 13:30–15:00	Jaime Rosado Vélez Rodrigo García Hernansanz Cristina Rincón Caribaño Pablo Galve Lahoz Samuel España Palomares	6 1.5 1.5 3 1.5	EMFTEL
L5		9 sesiones de 1.5 h. Viernes: 9:00–10.30 o 13:30–15:00	Jaime Rosado Vélez Rodrigo García Hernansanz Cristina Rincón Caribaño Pablo Galve Lahoz Samuel España Palomares	4.5 3 3 1.5 1.5	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

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.

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 2019-20)

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 - 2019/20						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	M, J	12:00-13:30	Bianchi Méndez Martín	43	FM

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Bianchi Méndez Martín	L,M,X,J: 9:30-11:00	bianchi@fis.ucm.es	Dpcho 125 2ª Planta

Programa de la asignatura

1. Clases de nanomateriales. Nanomateriales de cero, una, dos y tres dimensiones. Estructuras basadas en nanomateriales: core-shell, multicapas, estructuras complejas.

2. Síntesis de nanomateriales.

3. Efectos de superficie en nanomateriales. Energía superficial.

4. Nanomateriales electrónicos. Efectos de tamaño y morfología: confinamiento cuántico. Interacción luz-nanomateriales: absorción y luminiscencia. Confinamiento óptico. Plasmones.

5. Nanopartículas magnéticas. Tamaño de partícula y comportamiento magnético. Superparamagnetismo: la función de Langevin. Modelo de Stoner Wohlfarth. Acoplamiento de canje. Interacción entre partículas.

6. Propiedades mecánicas de nanomateriales. Influencia del tamaño de grano. Porosidad. Superplasticidad.

7. Nanomateriales basados en carbono. Aplicaciones de los nanomateriales: Aplicaciones biomédicas. Sensores. Fotocatalizadores.

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 incluirán los enlaces y otro material de interés para la asignatura.

Metodología

- Clases de teoría para explicar los conceptos fundamentales que incluirán ejemplos y aplicaciones. Para estas clases se usará fundamentalmente la proyección con ordenador. Los alumnos dispondrán del material utilizado en clase con suficiente antelación.
- Realización de trabajos tanto orales como escritos por parte de los alumnos de temas relacionados con el programa de la asignatura.

Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	70%
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 junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Para aprobar la asignatura será necesario aprobar el examen final.

Grado en Física (curso 2019-20)

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	e-mail	anaur@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20						
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	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

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..

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 2019-20)

Meteorología Dinámica		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)

Identificar los procesos dinámicos fundamentales en la atmósfera, a partir de la interpretación de las ecuaciones que los regulan.

Breve descripción de contenidos

Dinámica atmosférica. Los contenidos de esta asignatura se centran en la consideración y formulación, por una parte, de las fuerzas fundamentales y aparentes que actúan en el sistema giratorio terrestre y, por otra parte, de las leyes de conservación de masa, energía y momento. Para ello se parte de los conceptos y leyes básicos de la dinámica de fluidos geofísicos. Posteriormente, a través de la simplificación de las ecuaciones de momento, masa y energía, utilizando diversas aproximaciones, se deducen las características del flujo básico de la atmósfera. Posteriormente, se establecen relaciones entre la circulación, vorticidad y divergencia en la atmósfera como fluido y, finalmente, se desarrolla el sistema cuasigeostrófico de ecuaciones de la dinámica atmosférica, incluyendo las implicaciones que ello conlleva, haciendo una introducción a ondas atmosféricas, frentes y movimientos verticales.

Conocimientos previos necesarios

Mecánica clásica: Sistemas de partículas. Dinámica de rotación. Fuerzas sobre la superficie de la Tierra: gravedad, fuerza de Coriolis.

Termodinámica. Leyes fundamentales y aplicación a gases ideales.

Mecánica de fluidos. Conocimiento de las fuerzas que actúan sobre fluidos. Cinemática de fluidos. Ecuaciones de conservación.

Cálculo vectorial. Cálculo diferencial e integral. Ecuaciones diferenciales.

Profesor/a coordinador/a:	Teresa Losada Doval		Dpto.	FTA
	Despacho	214	e-mail	tldoval@fis.ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	5A	X, V	10:30-12:00	Teresa Losada Doval	Todo el semestre	43	T/P	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Teresa Losada Doval	L: 11.00-13.00 y X: 12.00-13.00 (+3h no pr.)	tldoval@fis.ucm.es	214, 4ª Pl., Central

Programa de la asignatura

1. **Elementos y principios básicos.** Cinemática del fluido. Análisis de escala de los movimientos en la atmósfera. Derivada total y advección. Superficies isobáricas. Aplicaciones del operador nabla.
2. **Fuerzas sobre la Tierra en rotación**. Fuerzas reales y aparentes.
3. **Ecuaciones de conservación de la dinámica atmosférica**. Ecuación de conservación del momento. Ecuación de la energía. Ecuación de continuidad. Movimiento vertical.
4. **Aplicaciones de las ecuaciones del movimiento**. Presión y temperatura como coordenadas verticales. Coordenadas naturales. Flujos de balance.
5. **Ecuación de la vorticidad.** Teoremas de la circulación. Vorticidades relativa y planetaria**.** Vorticidad potencial. Ondas de Rossby**.** Ecuación de la vorticidad**.**
6. **Aproximación cuasigeostrófica.** Ecuaciones de la energía y la vorticidad. Ecuación de la tendencia del geopotencial**.** Ecuación omega.

Fechas de prácticas:

12 y 14 de febrero

4, 25 y 27 de marzo

22 y 24 de abril

13 de mayo

Bibliografía

BÁSICA

Martin J.E. (2006). Mid-Latitude Atmospheric Dynamics. J Wiley

COMPLEMENTARIA

Holton, J. R. (1992). *An Introduction to Dynamic Meteorology* (3rd Edn), Academic Press. Elsevier

J.M. Wallace y P.V. Hobbs (1977, 1st Edn ; 2006, 2nd Edn). *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Academic Press. Elsevier

P.K. Kundu, I.M. Cohen (2008). *Fluid Mechanics*. Elsevier Academic Press.

Recursos en internet

Campus virtual

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la dinámica atmosférica, 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.

Como parte de la evaluación continua, los estudiantes tendrán que hacer entrega de problemas y trabajos propuestos para este fin, en las fechas que determine el profesor.

Las presentaciones de las lecciones, así como la lista de problemas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual con antelación suficiente.

Cinco sesiones prácticas en el aula de informática. Los alumnos entregarán las correspondientes memorias de las prácticas.

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 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.		
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 de junio-julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.		

Grado en Física (curso 2019-20)

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 - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	horas	Dpto.
A	5A	L y 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	Aula Inf. 2	12:00-13:30 h. 17 y 24 de febrero 16 de marzo, 27 de abril	Carolina López Sánchez	6	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Vicenta Mª Elisa Buforn Peiró	X: 10.30-13.30 (+3h no pr.)	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
Se desarrollarán las siguientes actividades formativas: ▪ Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de Sismología y Física del Interior de la Tierra, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales y operativas. ▪ Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada. Las lecciones teóricas se impartirán utilizando la pizarra, así como presentaciones proyectadas desde el ordenador. Ocasionalmente las lecciones se podrán ver complementadas con casos reales de ocurrencia de terremotos a lo largo del curso. La propuesta de problemas y prácticas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual.

Evaluación		
Realización de exámenes	**Peso:**	70%
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 2019-20)

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”, “Física de la Atmósfera” y “Estadística y Análisis de datos” del Grado de Física. También es útil estar cursando “Meteorología Dinámica” del Grado de Física a la vez que esta asignatura.

Profesor/a coordinador/a	Fátima Martín Hernández		Dpto.	FTA
	Despacho	102	e-mail	fatima@ucm.es

Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado - 2019/20

Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	5A	L, X	13:30-15:00	Fátima Martín Hernández	L	15.5	T/P/S	FTA
				Carlos Ordóñez García	X	15.5	T/P/S	FTA

Tutorías

Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Carlos Ordóñez García	L: 15:30-17:30	carlordo@ucm.es	Despacho 8 Pl. BajaOeste
	Fátima Martín Hernández	V: 10:00-13:00 (+3h no pr.)	fatima@ucm.es	Despacho 102 – 4ª pl. Este

Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	**Lugar**	**sesiones**	**Profesor**	**horas**	**Dpto.**
L1	Aula Informática 1	10 y 17 de febrero 13:30-15:00	Fátima Martín Hernández	6	FTA
	Trabajo de campo	2 sesiones que se anunciarán con antelación dependiendo de las condiciones meteorológicas			
	Aula Informática 1	X: 13:30-15:00 22 y 29 de abril 6 y 13 de mayo	Carlos Ordóñez García	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 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
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.

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.		

8. Prácticas/Tutorías y TFGs

Grado en Física (curso 2019-20)

Prácticas en Empresa / Tutorías		**Código**	800559	**Curso**	4º	**Sem.**	2º
Módulo	Transversal	**Materia**	Formación Transversal	**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.

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.

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 2019-20)

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/trabajo-fin-de-grado

Metodología

El TFG será realizado individualmente por cada estudiante, bajo la supervisión de uno o varios doctores. El estudiante llevará a cabo la elaboración del trabajo, deberá redactar y presentar una memoria sobre el mismo y defenderlo ante un tribunal evaluador. La labor de los supervisores es la de orientar y supervisar el trabajo del estudiante, aportando sugerencias o ayudándole con eventuales obstáculos y dificultades, siendo responsabilidad exclusiva del estudiante la superación con éxito de la asignatura.

El TFG no podrá estar plagiado ni haber sido presentado con anterioridad por el mismo alumno en otra asignatura. El incumplimiento de alguna de estas condiciones podrá derivar en las sanciones que la Universidad Complutense establezca al efecto.

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Realización de un trabajo.
- Elaboración y exposición pública de una memoria sobre el trabajo realizado.

La distribución en créditos ECTS para las dos actividades formativas anteriores se estima en 4 y 2 ECTS respectivamente.

Más información: https://fisicas.ucm.es/data/cont/docs/18-2019-04-03-NormativaTFG_def.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
FT1	Luis A. Fernández Pérez	Francisco Guil Guerrero	Ángel S. Sanz Ortiz
FT2	L. Manuel González Romero	Luis Martínez Alonso	Elisa Buforn Peiró
FT3	Víctor Martín Mayor	José R. Peláez Sagredo	Ricardo García Herrera
FM1	Javier del Río Esteban	Norbert Nemes	Jaime Zamorano Calvo
FM2	Elena Navarro Palma	Rocio Ranchal Sánchez	M. Jesús Rodríguez Plaza
FM3	Belén Sotillo Buzarra	Fernando Sols Lucia	Antonio López Maroto
ETE1	Cristina Martínez Pérez	Óscar Moreno Díaz	Luis Garay Elizondo
ETE2	Juan A. Barrio Uña	Jaime Rosado Vélez	Paloma Fernández Sánchez
ETE3	Mohamed Khayet Souhaimi	M. Amparo Izquierdo Gil	Javier Tornos Castillo
ETE4	Francisco J. Franco Peláez	José M. Ortiz de Zárate	María Varela del Arco
ACyA	Carlos García Sánchez	Eva Besada Portas	Daniel Nieto Castaño
Op1	Luis Lorenzo Sánchez Soto	Alfredo Luis Aína	Elvira Moya Valgañón
Op2	M. Cruz Navarrete Fernández	Luis M. Sánchez Brea	Juan P. García Villaluenga
FTA1	Fátima Martín Hernández	M. Luisa Osete López	Margarita Sánchez Balmaseda
FTA2	Jesús Gallego Maestro	Nicolás Cardiel López	José M. Velasco Cabo
FTA3	Belén Rodríguez de Fonseca	J. Fidel González Rouco	Óscar Martínez Matos

9. Calendario Académico

Periodos de clases y exámenes	
Clases Primer Semestre:	del 5 de septiembre al 17 de diciembre de 2019
Exámenes Primer Semestre (diciembre-enero):	18 y 19 de diciembre de 2019 del 9 al 24 de enero de 2020
Clases Segundo Semestre:	del 27 de enero al 2 de abril de 2020 y del 14 de abril al 14 de mayo de 2020
Exámenes Segundo Semestre (mayo-junio):	del 18 de mayo al 4 de junio de 2020
Exámenes Segunda Convocatoria (junio-julio)	del 17 de junio al 7 de julio de 2020

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	
1 de noviembre	Todos los Santos
15 de noviembre	San Alberto Magno
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
9 de diciembre	Declarado por UCM día no lectivo
31 de enero	Santo Tomás de Aquino trasladado
1 de mayo	Día del Trabajo
15 de mayo	Madrid, festividad de San Isidro
Del 20 de diciembre al 7 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 3 al 13 de abril	Vacaciones de Semana Santa
Del 21 de julio al 31 de agosto	Vacaciones de verano

Calendario aprobado en los Consejos de Gobierno de la UCM del 27/11/18 y del 19/03/19 (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.

	L	M	X	J	V	dias
S1	14	15	14	15	12	70
S2	14	15	15	15	11	70

Para compensar parcialmente estas diferencias la Facultad ha decidido que **todas las clases que se impartirán el jueves 2 de abril serán las correspondientes a un viernes del 2º semestre.**

[Esto se aplica a todos los Grados y Másteres. Las escasas incompatibilidades que puedan surgir con la docencia en otras facultades se solventarán con la recuperación de esas clases].

Facultad de Ciencias Físicas
Calendario académico del curso 2019-20

(aprobado en la Junta de Facultad del 27-3-19)

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	

2019

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					

2020

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	29	

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 — 2 `viernes´ — parciales de 1º

exámenes — lectura TFGs — entrega de actas — x no lectivos

Aprobado en Junta de Facultad del 27-3-19 y modificado en la del 27-6-19. Una vez publicadas en el BOE y en el BOCM las correspondientes normas sobre días festivos para el año 2020, de ámbito nacional, autonómico y local, se reflejarán en este calendario.

10. Cuadros Horarios del Grado en Física

Grupos de mañana de 1º Grado en Física 19-20

Inglés

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO A — Aula 7

	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	Química	LCC (A)		Química	Química
12:30					
13:00					
13:30					
14:00				LCC A (Aul.Inf.)	
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO B — Aula 19

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30		Química	Matems	Matems	Matems
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					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO C — Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30	Matems	Matems	Química	Química	
10:00					LCC C (Aul.Inf.)
10:30					
11:00	FFísica I	FFísica I	Matems	FFísica I	
11:30					
12:00					
12:30					
13:00	LCC (C)				
13:30					
14:00					
14:30		LCC C (Aul.Inf.)			
15:00					
15:30					
16:00					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO A — Aula 7

	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					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO B — Aula 19

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30		Álgebra	Álgebra	Cálculo	FFísica II
10:00					
10:30					
11:00		FFísica II	Cálculo	FFísica II	Álgebra
11:30					
12:00					
12:30					
13:00		Cálculo		LFI (B)	
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					
15:30		LabFís I (B)			
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO C — Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30	Cálculo	Cálculo		Álgebra	FFísica II
10:00					
10:30					
11:00	Álgebra	FFísica II		FFísica II	Cálculo
11:30					
12:00					
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					

Horas para recuperación de clases por limitación de calendario (previa reserva por los profesores afectados)

Grupos de tarde de 1º Grado en Física 19-20

nuevos horarios

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO D — Aula 6

	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					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO E — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00					
10:30					
11:00					
11:30				LCC E (Aul.Inf.)	
12:00					
12:30	LCC (E)	LCC E (Aul.Inf.)			
13:00					
13:30					
14:00					
14:30	FFísica I	FFísica I	FFísica I	FFísica I	
15:00					
15:30					
16:00	Matems	Química	Química	Química	
16:30					
17:00		Matems	Matems	Matems	
17:30					
18:00					
18:30					

Grupo compartido con el doble grado Matemáticas/Física

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO F — Aula 7

	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 D — Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
11:00			LabFís I (C o D)		
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00	FFísica II				
15:30		FFísica II		FFísica II	
16:00			FFísica II		
16:30	Álgebra				
17:00		Álgebra		LFI (D)	
17:30			Álgebra		
18:00	Cálculo				
18:30		Cálculo		Cálculo	
19:00					

FFísica II puede adelantarse algunos miércoles por los seminarios

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO E — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00					
10:30					
11:00		LabFis I (E)			
11:30					
12:00					
12:30				LFI (E)	
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00	FFísica II	FFísica II	FFísica II	FFísica II	
15:30					
16:00					
16:30	Álgebra	Cálculo	Álgebra	Álgebra	
17:00					
17:30					
18:00	Cálculo		Cálculo		
18:30					

aula 11

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO F — Aula 7

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:30					LabFís I (A o F)
11:00					
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00		Cálculo	FFísica II	FFísica II	FFísica II
15:30					
16:00				Cálculo	
16:30		FFísica II	LFI (F)		Cálculo
17:00					
17:30				Álgebra	
18:00		Álgebra	Álgebra		
18:30					
19:00					

Horas para recuperar clases por limitación de calendario

Grupos de mañana de 2º Grado en Física 19-20

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO A — Aula 10

	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	Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

Inglés

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO B (inglés) — Aula 9

	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		Métodos Mat. I	Métodos Mat. I	LbF II	
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO E — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Métodos Mat. I	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica		Electrom I
9:30					
10:00					
10:30	Termo	Termo	Termo		Mecánica Clásica
11:00					
11:30					
12:00		Métodos Mat. I	Electrom I		
12:30	Electrom I				LbF II
13:00			Métodos Mat. I		
13:30					
14:00					
14:30					

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO A — Aula 10

	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	Electrom II	Métodos Mat. II	
12:30					
13:00					
13:30					
13:30					
14:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO B (inglés) — Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Física Cuánt. I	Física Cuánt. I			Física Cuánt. I
9:30					
10:00				Métodos Mat. II	Optica
10:30	Optica	Optica			
11:00					
11:30					
12:00	Métodos Mat. II	Electrom II		Electrom II	LbF II
12:30					
13:00					
13:30					
13:30					
14:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

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	Métodos Mat. II				
10:30		Física Cuánt. I	Métodos Mat. II		Métodos Mat. II
11:00					
11:30	Física Cuánt. I				Optica
12:00		Optica	Optica		
12:30	LbF II				
13:00					
13:30					
13:30					
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 Grado en Física 19-20

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO C — Aula 10

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
14:30					
15:00	LbF II	Electrom I	Electrom I	Mecánica Clásica	Mecánica Clásica
15:30					
16:00					
16:30	Termo	Métodos Mat. I	Termo	Termo	Métodos Mat. I
17:00					
17:30					
18:00		Mecánica Clásica	Métodos Mat. I	Electrom I	
18:30					
19:00					
19:30					

La Mecánica Clásica de los martes pasará a los lunes a partir de la 5ª semana (7 oc.), en el horario ocupado hasta entonces por LbF II.

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO D — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
14:30					
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			Electrom I	LbF II	
18:30					
19:00					
19:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

nuevos horarios para adaptarse al doble grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO C — Aula 10

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
13:30					
14:00					
14:30					
15:00	Optica	Optica	Física Cuánt. I		Métodos Mat. II
15:30				Optica	
16:00					
16:30	Métodos Mat. II		Métodos Mat. II		Física Cuánt. I
17:00		Electrom II		Electrom II	
17:30	Física Cuánt. I				
18:00			LF II		
18:30					
19:00					
19:30					

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO D — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
13:30					
14:00				LbF II	
14:30					
15:00	Electrom II	Métodos Mat. II	Física Cuánt. I		Optica
15:30				Optica	
16:00					
16:30		Física Cuánt. I	Electrom II		
17:00	Física Cuánt. I			Métodos Mat. II	Métodos Mat. II
17:30		Optica			
18:00					
18:30					
19:00					
19:30					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

Los horarios del Laboratorio de Física II no se detallan aquí por no tener regularidad semanal, se describen en la ficha de la asignatura.

Horarios de 3º Grado en Física 19-20

1er SEMESTRE — Aula 1

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F.Estad. B	F.Estad. B	F.Estad. B	*LbF III (B)*	Fís.Mater. (A)
9:30					
10:00	F.Cuánt.II B				
10:30		Fís.Mater. (A)	F.Cuánt.II B	F.Cuánt.II B	Ha.Física A
11:00					
11:30					
12:00	Mc.Md. Cont.	Ha.Física A		Mc.Md. Cont.	
12:30					
13:00					
13:30	Ha.Física B	*LbF III (D)*	Ha.Física B		*LbF III (B)*
14:00					
14:30				Fís.Mater. (B)	
15:00		F.Estad. D			F.Cuánt. II D
15:30					
16:00			F.Cuánt. II D	F.Estad. D	
16:30					
17:00		Fís.Mater. (B)			*LbF III (D)*
17:30					
18:00					
18:30					

1er SEMESTRE — Aula M3

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F.Cuánt. II A	F.Cuánt. II A	*LbF III (A)*	F.Cuánt. II A	Astrofísica (A)
9:30					
10:00	F.Estad. A				
10:30	*Astr D* (aula 19)	Astrofísica (A)	F.Est A / *Astr D* (aula 7)	F.Estad. A	
11:00					
11:30					
12:00			Fís. Comput.		Fís. Comput.
12:30					
13:00					
13:30	Astrofísica (C)		Astrofísica (C)		
14:00					
14:30				Astrofísica (B)	
15:00	*LbF III (C)*	F.Cuánt. II C			*LbF III (C)*
15:30					
16:00			F.Estad. C	F.Cuánt. II C	
16:30					
17:00	*LbF III (A)*	Astrofísica (B)			F.Estad. C
17:30					
18:00					
18:30					

LbF III sólo tiene clases de teoría las 3 primeras semanas y F.Estad. C pasará a las 15:00 a partir de la 4ª.

2o SEMESTRE — Aula 1

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Estr.Mater. A	F. Atmosf. (A)	Estr.Mater. A	F. Atmosf. (A)	Estr.Mater. A
9:30					
10:00			Estad. Anal.Dat.		
10:30	GD y CT (A)	F.Tierra (A)		GD y CT (A)	GD y CT (C)
11:00					
11:30			F. Est.Sól. A		
12:00	F. Est.Sól. A	Instr. Electr.		Instr. Electr.	F. Est.Sól. A
12:30			F.Tierra (A)		
13:00					
13:30		GD y CT (C)			
14:00					
14:30					
15:00	F. Est.Sól. D	Estr.Mater. D	F. Est.Sól. D	Estr.Mater. D	
15:30					
16:00					
16:30					
17:00	F. Atmosf. (B)	F.Tierra (B)	F. Atmosf. (B)	F.Tierra (B)	
17:30					
18:00					
18:30					

nuevos GDyCT-C y cambios en FES-A, FT-A, EAD, GDyCT-A

2o SEMESTRE — Aula M3

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F. Est.Sól. B	Termo.NE (A)	F. Est.Sól. B	Mc.Quant. (A)	F. Est.Sól. B
9:30					
10:00			Estr.Mater. B		
10:30	Estr.Mater. B	Mc.Quant. (A)		Termo.NE (A)	Estr.Mater. B
11:00			Termo.NE (C)		
11:30					
12:00	Mc.Quant. (C)	GD y CT (B)		GD y CT (B)	Termo.NE (C)
12:30			Mc.Quant. (C)		
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00	Estr.Mater. C	F. Est.Sól. C	Estr.Mater. C	F. Est.Sól. C	
15:30					
16:00					
16:30					
17:00	Mc.Quant. (B)	Termo.NE (B)	Mc.Quant. (B)	Termo.NE (B)	
17:30					
18:00					
18:30					

Horarios 4º Grado en Física 2019-20

Materias Orientación Fundamental

1er SEMESTRE — Aula 2

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09:00	Astrofísica Estelar	Relatividad G. y Gravit. (A)	Simetrías y Grupos en F.	Relatividad G. y Gravit. (A)	Astrofísica Estelar
09:30					
10:00					
10:30	F.Atom y Molec (A)	Electrodin Clásica (A)	F.Atom y Molec (A)	Electrodin Clásica (A)	Simetrías y Grupos en F.
11:00					
11:30					
12:00	Electrodin Clásica (C)	Física Nuclear	Campos Cuánticos (A)	Física Nuclear	Campos Cuánticos (A)
12:30					
13:00					
13:30		Relatividad G. y Gravit. (B)		Relatividad G. y Gravit. (B)	Electrodin Clásica (C)
14:00					
14:30					
15:00	Astronomía Observac.	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica
15:30					
16:00					
16:30	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	
17:00					
17:30					
18:00				Astronomía Observac.	
18:30					
19:00					
19:30					

1er SEMESTRE (grupos adicionales) — (varias aulas)

	Lunes	Martes		Miércoles	Jueves		Viernes
10:30							
11:00							
11:30		(au M3)	(au 4A)		(au M3)	(au 4A)	
12:00		F.At y Mol (C)	Camp Cuant (B)		F.At y Mol (C)	Camp Cuant (B)	
12:30							
13:00							

Materias Orientación Aplicada

1er SEMESTRE — Aula 5A

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09:00	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido	Termod. Atmósfera	Fenóm. de Transporte	Termod. Atmósfera	Métodos Exp. Fís. Est. Sólido
09:30					
10:00					
10:30	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fenóm. de Transporte
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			Sists. Dinámicos y Realim.		Electr. Analógica y Digital
14:00	Sists. Dinámicos y Realim.				
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30	Fotónica (B)	Electrónica Física (B)	Fotónica (B)	Electrónica Física (B)	
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

Materias Orientación Fundamental

2o SEMESTRE — Aula 2

	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. (B)	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)	Partículas Elementales (A)	Astrofísica Extragal. (A)
12:30					
13:00					
13:30	Astrofísica Extragal. (A)				
14:00					
14:30					
15:00					

2o SEMESTRE (grupos adicionales) — (varias aulas)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00	(aula 5A)		(aula 6)		(aula 7)
10:30	Cosmología (B)		Cosmología (B)		Astrofísica Extragal. (B)
11:00					
11:30					
12:00	Partículas Elementales (B)		Partículas Elementales (B)		
12:30					
13:00					
13:30	(aula 3)		(aula 6)		
14:00					

Materias Orientación Aplicada

2o SEMESTRE — Aula 5A

	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 (*)	Meteor. Dinámica	Disp. de Instrum. Óptica	Meteor. Dinámica
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.	* Disp.I.O. 3 primeros martes	Geofísica y Meteor. Apl.		
14:00					
14:30					
15:00					

aula 3

aula 3

11. 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 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 19/20

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO B Aula 19

	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			LCC B (Aul.Inf.)		
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO C Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30					
10:00					LCC C (Aul.Inf.)
10:30					
11:00	FFísica I	FFísica I		FFísica I	
11:30					
12:00					
12:30					
13:00	LCC (C)				
13:30					
14:00		LCC C (Aul.Inf.)			
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					

1º CURSO – 1º SEMESTRE – GRUPO E Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
11:30				LCC E (Aul.Inf.)	
12:00		LCC E (Aul.Inf.)			
12:30	LCC (E)				
13:00					
13:30					
14:00					
14:30	FFísica I	FFísica I	FFísica I	FFísica I	
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

grupo en inglés

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO B Aula 19

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30					FFísica II
10:00					
10:30					
11:00		FFísica II		FFísica II	
11:30					
12:00					
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 Aula 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					FFísica II
9:30					
10:00					
10:30					
11:00		FFísica II		FFísica II	
11:30					
12:00					
12:30					
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					

1º CURSO – 2º SEMESTRE – GRUPO E Aula 9

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00		LabFis I (E)			
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					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					
19:00					
19:30					

Horarios de 2º compatibles con Doble Grado

nuevos horarios

2º CURSO - SEMESTRE 1º - GRUPO A — Aula 10

	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) — Aula 9

	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					
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 — Aula 11

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					
15:30					Termo
16:00	Termo	Termo			
16:30			Mecánica Clásica	Electrom I	
17:00					Mecánica Clásica
17:30	Mecánica Clásica	Electrom I			
18:00					
18:30			Electrom I		
19:00					

Grupo compartido con estudiantes de Doble Grado

2º CURSO - SEMESTRE 2º - GRUPO A — Aula 10

	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) — Aula 9

	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 — Aula 11

	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					
15:00			Física Cuánt. I		Optica
15:30				Optica	
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 19-20

1er SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F. Cuánt. II A	F. Cuánt. II A	*LbF III (A)*	F. Cuánt. II A	geometría lineal
9:30					
10:00	F.Estad. A	grupo A	F.Estad. A	F.Estad. A	*LbF III Elmgn 1er viernes*
10:30					
11:00					
11:30		Geometría Lineal			LbF II
12:00					
12:30	Geometría Lineal	anal. func. var. compl.			
13:00				geometría lineal	
13:30	Anal. Func. Var. Compl.	Anal. Func. Var. Compl.	anal. func. var. compl.		
14:00				Anal. Func. Var. Compl.	
14:30					
15:00	*LbF II (C)*	LbF III	LbF III	LbF III	
15:30					
16:00					
16:30	*LbF III (A)*				
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

1er SEMESTRE

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	F.Estad. B	F.Estad. B	F.Estad. B	*LbF III (B)*	geometría lineal
9:30					
10:00	F. Cuánt. II B	grupo B	F. Cuánt. II B	F. Cuánt. II B	*LbF III Elmgn 1er viernes*
10:30					
11:00					
11:30		Geometría Lineal			LbF II
12:00					
12:30	Geometría Lineal	anal. func. var. compl.			
13:00				geometría lineal	
13:30	Anal. Func. Var. Compl.	Anal. Func. Var. Compl.	anal. func. var. compl.		
14:00				Anal. Func. Var. Compl.	*LbF III (B)*
14:30					
15:00	*LbF II (C)*	LbF III	LbF III	LbF III	
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

única sesión al principio del semestre

Laboratorio de Física III sólo tiene clases de teoría las 3 primeras semanas.

Laboratorio de Física II tiene clases de teoría las 4 primeras del semestre 1º y las 5 primeras del 2º.

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					
12:30	Electrom II (A)	LbF II (A)	Electrom II (A)		*LbF II Elmgn 1er viernes*
13:00					
13:30		LbF II			
14:00	(2º-GraFis)				LbF II
14:30			(algunas sesiones)		(consultar en la ficha días y horarios)
15:00	Estr.Mater. C	(consultar en la ficha días y horarios)	Estr.Mater. C		
15:30					
16:00					
16:30					
17:00	(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					
12:30	LbF II (E)	Electrom II (B)		Electrom II (B)	*LbF II Elmgn 1er viernes*
13:00					
13:30			LbF II		
14:00		(2-GraFis)			LbF II
14:30				(algunas sesiones)	(consultar en la ficha días y horarios)
15:00		Estr.Mater. D	(consultar en la ficha días y horarios)	Estr.Mater. D	
15:30					
16:00					
16:30					
17:00		(3º-GraFis)			
17:30					
18:00					
18:30					

única sesión al principio del semestre

4º y 5º Doble Grado 19-20

6 obligatorias de Física para 4º y 5º de Doble Grado

Optativas de Física para elegir entre 4º y 5º de Doble Grado

De Matemáticas para 4º y 5º (optativas)

	L	M	X	J	V
09:00	TMED	CALG	calg	tmed	calg
09:30					
10:00	EAL	eal	EAL	eal	IO
10:30					
11:00			tmed	CALG	io
11:30	IO				
12:00			TMED	io	
12:30					
13:00	VDIF	vdif		VDIF	
13:30					
14:00				vdif	
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00	VDIF	vdif	VDIF	vdif	
17:30					
18:00	TMED	tmed	TMED	tmed	
18:30					
19:00	CALG	calg	CALG	calg	
19:30					

	L	M	X	J	V
09:00	OPTI		OPTI	an1i	an2i
09:30					
10:00	opti		opti	ANNU	ANNU
10:30					
11:00				annu	
11:30					
12:00					

D.G. - Itinerario Física Fundamental

De 3º en Grado Física

SEMESTRE 1 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					Astrofísica (A)
9:30					
10:00					
10:30	Astrofísica (D)	Astrofísica (A)	Astrofísica (D)		
11:00					
11:30					
12:00	una asignatura				
12:30	4 grupos para elegir				
13:00					
13:30	Astrofísica (C)		Astrofísica (C)		
14:00					
14:30				Astrofísica (B)	
15:00					
15:30					
16:00					
16:30				+2obl +1opt de Mats	
17:00		Astrofísica (B)			
17:30					
18:00					
18:30					

SEMESTRE 2 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00		Termo.NE (A)		Mc.Quant. (A)	
9:30					
10:00		Mc.Quant. (A)		Termo.NE (A)	
10:30			TNE (C)		
11:00			FES A		
11:30					
12:00	FES A	(C)			FES A E (C)
12:30			Mc.Quant. (C)		
13:00					
13:30	3 asignaturas con 3 grupos para elegir				
14:00	+2obl +1opt de Mats				
14:30					
15:00	F. Est.Sól. D	F. Est.Sól. C	F. Est.Sól. D	F. Est.Sól. C	
15:30					
16:00					
16:30	Mc.Quant. (B)	Termo.NE (B)	Mc.Quant. (B)	Termo.NE (B)	
17:00					
17:30					
18:00					

De 4º en Grado Física

SEMESTRE 1 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30					
10:00					
10:30	F.Atom y Molec (A)	Electrodin Clásica (A)	F.Atom y Molec (A)	Electrodin Clásica (A)	
11:00					
11:30					
12:00	Electrodin Clásica (C)	F.Atom y Molec (C)		F.Atom y Molec (C)	
12:30					
13:00					
13:30	dos asignaturas				Electrodin Clásica (C)
14:00	3 grupos para elegir cada una				
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

SEMESTRE 2 — Aula ...

	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					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					

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

SEMESTRE 1 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					Fis.Mater. (A)
9:30					
10:00					
10:30		Fis.Mater. (A)			Ha.Física A
11:00					
11:30					
12:00	Mc.Md. Cont.	Ha.Física A		Mc.Md. Cont.	
12:30					
13:00					
13:30	Ha.Física B		Ha.Física B		
14:00					
14:30				Fis.Mater. (B)	
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00		Fis.Mater. (B)			
17:30					
18:00					
18:30					

SEMESTRE 2 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00		F. Atmosf. (A)		F. Atmosf. (A)	
9:30					
10:00		F.Tierra (A)			
10:30					
11:00		Instr. Electr.		Instr. Electr.	
11:30			F.Tierra (A)		
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00	F. Atmosf. (B)	Fis.Tierra (B)	F. Atmosf. (B)	Fis.Tierra (B)	
17:30					
18:00					

Asignaturas de 4º en Grado Física

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
9:30					
10:00	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fenóm. de Transporte
10:30					
11:00					
11:30	Electr. Analógica y Digital	Geomag. y Gravimetría	Props. Fís. de los Materiales	Geomag. y Gravimetría	Props. Fís. de los Materiales
12:00					
12:30					
13:00					
13:30	Sists. Dinámicos y Realim.		Sists. Dinámicos y Realim.		Electr. Analógica y Digital
14:00					
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30	Fotónica (B)	Electrónica Física (B)	Fotónica (B)	Electrónica Física (B)	
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

SEMESTRE 1 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Astrofísica Estelar	Relatividad G. y Gravit. (A)		Relatividad G. y Gravit. (A)	Astrofísica Estelar
9:30					
10:00					
10:30					
11:00					
11:30					
12:00		F. Nuc / CamCu (B)	Campos Cuánticos (A)	F. Nuc / CamCu (B)	Campos Cuánticos (A)
12:30					
13:00		Relatividad G. y Gravit. (B)		Relatividad G. y Gravit. (B)	
13:30					
14:00					
14:30					
15:00	Astronomía Observac.	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00				Astronomía Observac.	
18:30					
19:00					

SEMESTRE 2 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	
9:30					
10:00	Energía y Medio Ambiente	Disp. de Instrum. Óptica	Meteor. Dinámica	Disp. de Instrum. Óptica	Meteor. Dinámica
10:30					
11:00					
11:30	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Energía y Medio Ambiente
12:00					
12:30					
13:00					
13:30	Geofísica y Meteor. Apl.		Geofísica y Meteor. Apl.		
14:00					
14:30					
15:00					

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	
9:30					
10:00					
10:30	Astr.Ext.(B) / Cosmo(B)	Física Materia Condens.	PlamasPA / Cosmo(B)	Física Materia Condens.	Atr.Ext.(B) / PlamasPA
11:00					
11:30					
12:00	Part.El.(B) / Cosmo(A)	Partículas Elem. (A)	Part.El.(B) / Cosmo(A)	Partículas Elem. (A)	Astrofísica Extrag. (A)
12:30					
13:00					
13:30	Astrofísica Extrag. (A)				
14:00					
14:30					
15:00					

5 optativas deben elegirse entre estas (la 6ª sin limitación, incluida Prácticas en Empresa/Tutorías)

	L	M	X	J	V
09:00	TMED	CALG	calg	tmed	calg
09:30					
10:00	EAL	EAL	eal	eal	IO
10:30					
11:00			tmed	CALG	io
11:30	IO				
12:00			TMED	io	
12:30					
13:00	VDIF	vdif		VDIF	
13:30					
14:00				vdif	
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00	VDIF	vdif	VDIF	vdif	
17:30					
18:00	TMED	tmed	TMED	tmed	
18:30					
19:00	CALG	calg	CALG	calg	
19:30					

	L	M	X	J	V
09:00	OPTI		OPTI	an1i	an2i
09:30					
10:00	opti		opti	ANNU	ANNU
10:30					
11:00				annu	
11:30					
12:00					

D.G. - Itinerario Física Aplicada

SEMESTRE 1 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					Fis.Mater. (A)
9:30					
10:00					
10:30		Fis.Mater. (A)			
11:00					
11:30					
12:00	una asignatura				
12:30	2 grupos para elegir				
13:00					
13:30					
14:00					
14:30				Fis.Mater. (B)	
15:00					
15:30					
16:00					
16:30				+2obl +1opt de Mats	
17:00		Fis.Mater. (B)			
17:30					
18:00					
18:30					

SEMESTRE 2 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00		F. Atmosf. (A)		F. Atmosf. (A)	
9:30					
10:00					
10:30		Fis.Tierra (A)			
11:00					
11:30			F. Est.Sól. A		
12:00	F. Est.Sól. A				F. Est.Sól. A
12:30			Fis.Tierra (A)		
13:00					
13:30					
14:00	3 asigntaturas, 2/3 grupos para elegir				
14:30	+2obl +1opt de Mats				
15:00					
15:30	F. Est.Sól. D	F. Est.Sól. C	F. Est.Sól. D	F. Est.Sól. C	
16:00					
16:30					
17:00	F. Atmosf. (B)	Fis.Tierra (B)	F. Atmosf. (B)	Fis.Tierra (B)	
17:30					
18:00					

SEMESTRE 1 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					
9:30					
10:00					
10:30	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	Fotónica (A)	Electrónica Física (A)	
11:00					
11:30					
12:00	dos asignaturas				
12:30	2 grupos para elegir cada una				
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30	Fotónica (B)	Electrónica Física (B)	Fotónica (B)	Electrónica Física (B)	
17:00					
17:30					
18:00					
18:30					

SEMESTRE 2 — Aula ...

	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					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00					
17:30					
18:00					

Trabajos Fin de Grado

+ 5 optativas de itinerario
+ 1 optativa adicional entre 4º y 5º

+1obl+2opt Mats en 4º-5º

SEMESTRE 1 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00					Astrofísica (A)
9:30					
10:00					
10:30	Astrofísica (D)	Astrofísica (A)	Astrofísica (D)		Ha.Física A
11:00					
11:30					
12:00	Mc.Md. Cont.	Ha.Física A		Mc.Md. Cont.	
12:30					
13:00					
13:30	Astro (C)	HF B	Astro (C)	HF B	
14:00					
14:30				Astrofísica (B)	
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00		Astrofísica (B)			
17:30					
18:00					

SEMESTRE 2 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00		Termo.NE (A)		Mc.Quant. (A)	
9:30					
10:00		Mc.Quant. (A)	Termo.NE (C)	Termo.NE (A)	
10:30					
11:00					
11:30					
12:00	Mc.Quant. (C)	Instr. Electr.	Mc.Quant. (C)	Instr. Electr.	Termo.NE (C)
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30					
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					
17:00	Mc.Quant. (B)	Termo.NE (B)	Mc.Quant. (B)	Termo.NE (B)	
17:30					
18:00					

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
9:30					
10:00					Fenóm. de Transporte
10:30					
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	Sists. Dinámicos y Realim.		Sists. Dinámicos y Realim.		Electr. Analógica y Digital
14:00					
14:30					
15:00					
15:30					

SEMESTRE 1 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Astrofísica Estelar	Relatividad G. y Gravit. (A)		Relatividad G. y Gravit. (A)	Astrofísica Estelar
9:30					
10:00	F.Atom y Molec (A)	Electrodin Clásica (A)	F.Atom y Molec (A)	Electrodin Clásica (A)	
10:30					
11:00					
11:30	Electrodin Clásica (C)	FAyM (C) / F. Nuc / CamCu (B)	Campos Cuánticos (A)	FAyM (C) / F. Nuc / CamCu (B)	Campos Cuánticos (A)
12:00					
12:30					
13:00		Relatividad G. y Gravit. (B)		Relatividad G. y Gravit. (B)	Electrodin Clásica (C)
13:30					
14:00					
14:30					
15:00	Astronomía Observac.	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica	Inter. Radiación-Materia	Mecánica Teórica
15:30					
16:00					
16:30	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	F.Atom y Molec (B)	Electrodin Clásica (B)	
17:00					
17:30					
18:00				Astronomía Observac.	
18:30					
19:00					

SEMESTRE 2 — Aula ...

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	Disp. Electrón. y Nanoelectr.	Física Materiales Avanzados	
9:30					
10:00	Energía y Medio Ambiente	Disp. de Instrum. Óptica	Meteor. Dinámica	Disp. de Instrum. Óptica	Meteor. Dinámica
10:30					
11:00					
11:30	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Sismología Estr. Tierra	Nanomater.	Energía y Medio Ambiente
12:00					
12:30					
13:00					
13:30	Geofísica y Meteor. Apl.		Geofísica y Meteor. Apl.		
14:00					
14:30					
15:00					

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	
9:30					
10:00					
10:30	Astr.Ext.(B) / Cosmo(B)	Física Materia Condens.	PlamasPA / Cosmo(B)	Física Materia Condens.	Atr.Ext.(B) / PlamasPA
11:00					
11:30					
12:00	Part.El.(B) / Cosmo(A)	Partículas Elem. (A)	Part.El.(B) / Cosmo(A)	Partículas Elem. (A)	Astrofísica Extrag. (A)
12:30					
13:00					
13:30	Astrofísica Extrag. (A)				
14:00					
14:30					
15:00					

5 optativas deben elegirse entre estas (la 6ª sin limitación, incluida Prácticas en Empresa/Tutorías)