

Curso

2016-2017

# Guía Docente del Grado en Física



Facultad de Ciencias Físicas.  
Universidad Complutense de Madrid

## Tabla de contenido

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 1.   | Estructura del Plan de Estudios .....                    | 3   |
| 1.1. | Estructura general .....                                 | 3   |
| 1.2. | Asignaturas del Plan de Estudios .....                   | 9   |
| 1.3. | Distribución esquemática por semestres.....              | 11  |
| 1.4. | Adquisición de competencias .....                        | 14  |
| 2.   | Fichas de las Asignaturas de Primer Curso .....          | 18  |
|      | Fundamentos de Física I.....                             | 19  |
|      | Fundamentos de Física II.....                            | 25  |
|      | Matemáticas.....   | 31  |
|      | Cálculo .....  | 35  |
|      | Álgebra.....   | 41  |
|      | Química.....   | 46  |
|      | Laboratorio de Computación Científica.....               | 54  |
|      | Laboratorio de Física I .....                            | 62  |
| 3.   | Fichas de las Asignaturas de Segundo Curso .....         | 69  |
|      | Mecánica Clásica .....                                   | 70  |
|      | Termodinámica .....                                      | 75  |
|      | Óptica.....  | 80  |
|      | Electromagnetismo I .....                                | 85  |
|      | Electromagnetismo II .....                               | 90  |
|      | Física Cuántica I .....                                  | 95  |
|      | Métodos Matemáticos I.....                               | 101 |
|      | Métodos Matemáticos II.....                              | 106 |
|      | Laboratorio de Física II .....                           | 110 |
| 4.   | Fichas de las Asignaturas de Tercer Curso.....           | 125 |
|      | Física Cuántica II .....                                 | 126 |
|      | Física Estadística .....                                 | 130 |
|      | Física del Estado Sólido.....                            | 134 |
|      | Estructura de la Materia .....                           | 138 |
|      | Laboratorio de Física III .....                          | 143 |
|      | Astrofísica .....  | 154 |
|      | Termodinámica del No-Equilibrio .....                    | 157 |
|      | Mecánica Cuántica.....                                   | 162 |
|      | Física de Materiales .....                               | 166 |
|      | Física de la Atmósfera .....                             | 169 |
|      | Física de la Tierra .....                                | 174 |
|      | Mecánica de Medios Contínuos.....                        | 180 |
|      | Instrumentación Electrónica.....                         | 184 |
|      | Física Computacional.....                                | 188 |
|      | Estadística y Análisis de Datos .....                    | 194 |
|      | Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial.....           | 199 |
|      | Historia de la Física.....                               | 202 |
| 5.   | Fichas de las Asignaturas de Cuarto Curso .....          | 206 |
| 5.1. | Asignaturas de la Orientación de Física Fundamental..... | 206 |
|      | Física Atómica y Molecular .....                         | 207 |
|      | Electrodinámica Clásica .....                            | 212 |
|      | Astrofísica Estelar .....                                | 217 |
|      | Astrofísica Extragaláctica.....                          | 221 |
|      | Astronomía Observacional.....                            | 225 |
|      | Cosmología .....   | 230 |
|      | Relatividad General y Gravitación.....                   | 235 |
|      | Plasmas y Procesos Atómicos .....                        | 239 |
|      | Física Nuclear .....                                     | 243 |

|   |     |
|---|-----|
| Partículas Elementales .....                                | 248 |
| Física de la Materia Condensada .....                       | 251 |
| Interacción Radiación-Materia .....                         | 254 |
| Mecánica Teórica .....                                      | 260 |
| Campos Cuánticos .....                                      | 264 |
| Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos .....             | 268 |
| Simetrías y Grupos en Física .....                          | 272 |
| Coherencia Óptica y Láser .....                             | 276 |
| 5.2. Asignaturas de la Orientación de Física Aplicada ..... | 280 |
| Fotónica .....  | 281 |
| Electrónica Física .....                                    | 285 |
| Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica .....           | 289 |
| Sistemas Dinámicos y Realimentación .....                   | 294 |
| Dispositivos de Instrumentación Óptica .....                | 299 |
| Fenómenos de Transporte .....                               | 303 |
| Electrónica Analógica y Digital .....                       | 308 |
| Energía y Medio Ambiente .....                              | 312 |
| Propiedades Físicas de los Materiales .....                 | 317 |
| Nanomateriales .....  | 320 |
| Física de Materiales Avanzados .....                        | 323 |
| Métodos Experimentales en Física del Estado Sólido .....    | 327 |
| Meteorología Dinámica .....                                 | 332 |
| Termodinámica de la Atmósfera .....                         | 336 |
| Geomagnetismo y Gravimetría .....                           | 340 |
| Sismología y Estructura de la Tierra .....                  | 345 |
| Geofísica y Meteorología Aplicadas .....                    | 350 |
| Trabajo Fin de Grado .....                                  | 354 |
| Prácticas en Empresa / Tutorías .....                       | 361 |
| 6. Cuadros Horarios Grado en Física .....                   | 364 |
| 6.1 1 <sup>er</sup> Curso .....                             | 364 |
| 6.2 2 <sup>o</sup> Curso .....                              | 371 |
| 6.3 3 <sup>er</sup> Curso .....                             | 377 |
| 6.4 4 <sup>o</sup> Curso .....                              | 379 |
| 7. Cuadros Horarios Doble Grado Física - Matemáticas .....  | 381 |
| 8. Calendario Académico .....                               | 384 |
| ANEXO. Enlaces de interés .....                             | 386 |

Fecha de actualización: 2/3/2017

# 1. Estructura del Plan de Estudios

## 1.1. Estructura general

El presente Plan de Estudios está estructurado en módulos (unidades organizativas que incluyen una o varias materias), materias (unidades disciplinares que incluyen una o varias asignaturas) y asignaturas.

El Grado en Física se organiza en cuatro cursos académicos, desglosados en 8 semestres. Cada semestre tiene 30 créditos ECTS para el estudiante (se ha supuesto que 1 ECTS equivale a 25 horas de trabajo del estudiante).

Existen dos itinerarios formativos: Itinerario de Física Fundamental e Itinerario de Física Aplicada. El estudiante tiene que elegir obligatoriamente uno de los dos itinerarios. En cada itinerario el estudiante tiene que cursar 186 créditos obligatorios y 54 optativos.

Las enseñanzas se estructuran en 6 módulos: 3 obligatorios para todos los estudiantes (Formación Básica, Formación General, y Trabajo Fin de Grado), uno específico del Itinerario de Física Fundamental, uno específico del Itinerario de Física Aplicada, y un Módulo Transversal optativo. El estudiante tiene que cursar los 156 créditos de los módulos obligatorios, los 30 créditos obligatorios del itinerario elegido y 54 créditos optativos, de los cuales al menos 30 deben ser de las materias optativas de su itinerario.

En cada itinerario el estudiante tendrá que cursar los siguientes créditos:

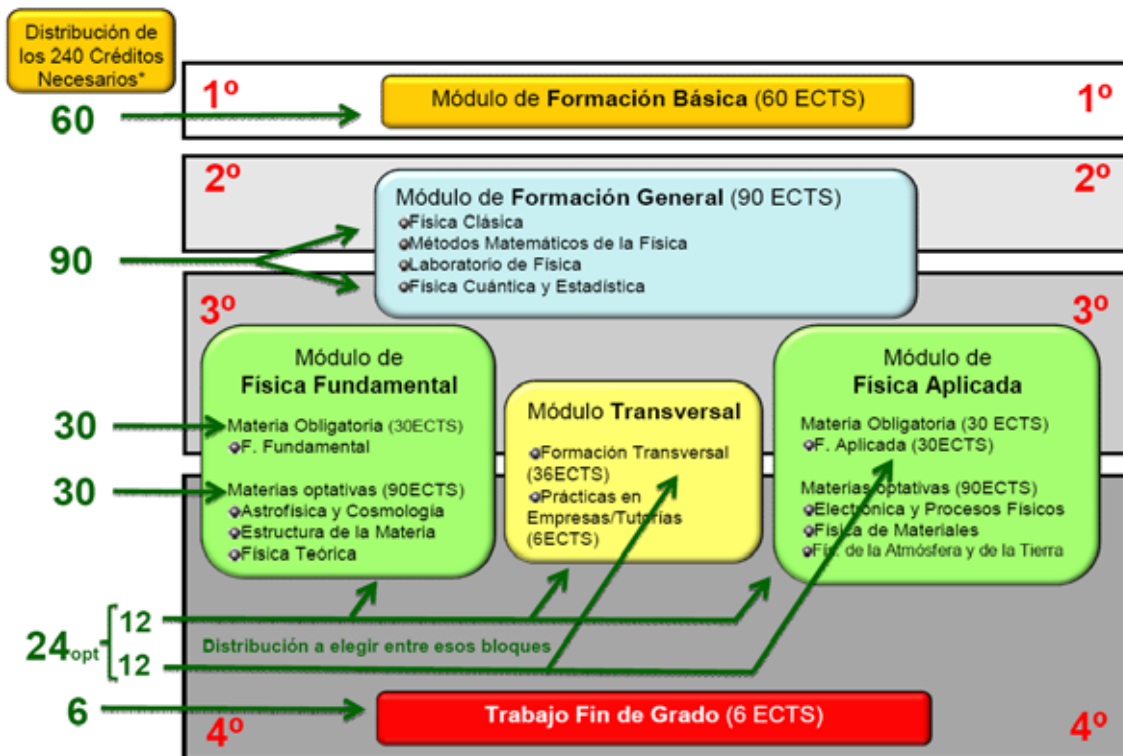
- 60 ECTS del Módulo de Formación Básica
- 90 ECTS del Módulo de Formación General
- **Itinerario de Física Fundamental:**
  - 60 ECTS del Módulo de Física Fundamental (de los cuales son obligatorios los 30 ECTS de la Materia Obligatoria de Física Fundamental)
  - 24 ECTS de cualquier módulo optativo<sup>1</sup>. De ellos al menos 12 se tienen que elegir de las materias de Formación Transversal y de la Obligatoria de Física Aplicada. De los otros 12, 6 pueden sustituirse por actividades universitarias contempladas en la normativa vigente<sup>2</sup>.
  - 6 ECTS del Trabajo Fin de Grado
- **Itinerario de Física Aplicada:**
  - 60 ECTS del Módulo de Física Aplicada (de los cuales son obligatorios los 30 ECTS de la Materia Obligatoria de Física Aplicada)
  - 24 ECTS de cualquier módulo optativo<sup>1</sup>. De ellos al menos 12 se tienen que elegir de las materias de Formación Transversal y de la Obligatoria de Física Fundamental. De los otros 12, 6 pueden sustituirse por actividades universitarias contempladas en la normativa vigente<sup>2</sup>.
  - 6 ECTS del Trabajo Fin de Grado

---

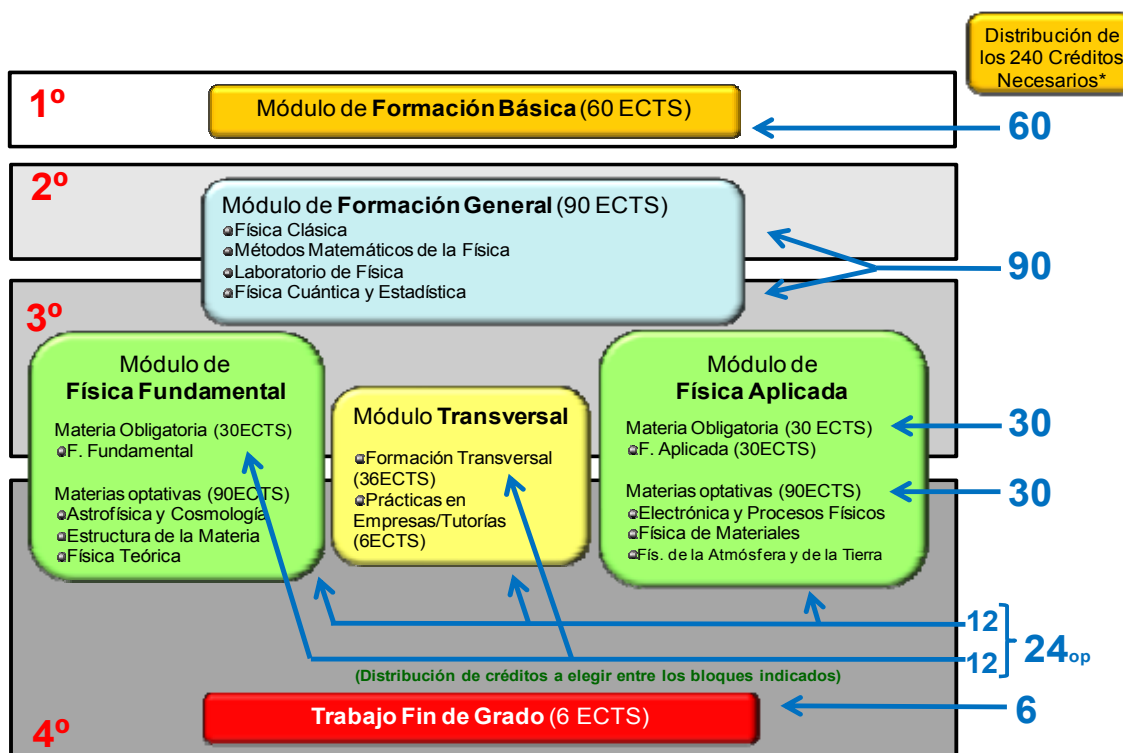
<sup>1</sup> Entendiendo por tal cualquiera de los tres: Física Fundamental, Física Aplicada y Transversal, incluidas las asignaturas que son obligatorias para el itinerario contrario.

<sup>2</sup> [BOUC num. 18 del 8/9/2016](#)

Los siguientes organigramas muestran la estructura general del plan de estudios, indicando la distribución de créditos necesaria para completar el grado en cada uno de los dos itinerarios:



\*Ejemplo de condiciones para el caso de elegir el itinerario de Física Fundamental



\*Ejemplo de condiciones para el caso de elegir el Itinerario de Física Aplicada

Nótese que no necesariamente se cursarán 60 créditos de asignaturas de 3º.

Nótese que al menos 12 créditos optativos deben cursarse entre las materias Obligatoria del otro itinerario y de "Formación Transversal" (que no incluye Práct. Empresas/Tutorías). De los otros 12, 6 pueden sustituirse por actividades universitarias contempladas en la normativa vigente.

A continuación se describen brevemente los diferentes módulos:

- **Módulo de Formación Básica** (obligatorio, 60 ECTS). Se cursa durante los dos primeros semestres. Las asignaturas obligatorias 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. Las asignaturas del módulo y su vinculación con las materias básicas y ramas de conocimiento establecidas en el Real Decreto 1993/2007 se muestran en la siguiente tabla:

| <b>Módulo de Formación Básica</b>     |             |                          |                           |
|---------------------------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|
| <b>Asignatura</b>                     | <b>ECTS</b> | <b>Materia Vinculada</b> | <b>Rama</b>               |
| Fundamentos de Física I               | 9           | Física                   | Ciencias                  |
| Fundamentos de Física II              | 9           | Física                   | Ciencias                  |
| Matemáticas                           | 9           | Matemáticas              | Ciencias                  |
| Cálculo                               | 7.5         | Matemáticas              | Ciencias                  |
| Álgebra                               | 7.5         | Matemáticas              | Ciencias                  |
| Química                               | 6           | Química                  | Ciencias                  |
| Laboratorio de Física I               | 6           | Física                   | Ciencias                  |
| Laboratorio de Computación Científica | 6           | Informática              | Ingeniería y Arquitectura |
| <b>TOTAL : 60</b>                     |             |                          |                           |

- **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.

| <b>Módulo de Formación General</b> |             |                                  |                               |
|------------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------|
| <b>Asignatura</b>                  | <b>ECTS</b> | <b>Materia Vinculada</b>         | <b>Rama</b>                   |
| Mecánica Clásica                   | 7,5         | Física Clásica                   | Ciencias                      |
| Termodinámica                      | 7,5         |                                  | Ciencias                      |
| Óptica                             | 7,5         |                                  | Ciencias                      |
| Electromagnetismo I                | 6           |                                  | Ciencias                      |
| Electromagnetismo II               | 6           |                                  | Ciencias                      |
| Física Cuántica I                  | 6           |                                  | Física Cuántica y Estadística |
| Física Cuántica II                 | 6           | Ciencias                         |                               |
| Física Estadística                 | 6           | Ciencias                         |                               |
| Física del Estado Sólido           | 6           | Ciencias                         |                               |
| Estructura de la Materia           | 6           | Ciencias                         |                               |
| Métodos Matemáticos I              | 6           | Métodos Matemáticos de la Física |                               |
| Métodos Matemáticos II             | 6           |                                  | Ciencias                      |
| Laboratorio de Física II           | 7,5         | Laboratorio de Física            | Ciencias                      |
| Laboratorio de Física III          | 6           |                                  | Ciencias                      |
| <b>TOTAL : 90</b>                  |             |                                  |                               |

- **Módulo de Física Fundamental** (optativo). 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** (optativo). 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.

| <b>Itinerario de Física Fundamental</b> |   |                           |               |                |
|---|---|---------------------------|---------------|----------------|
| Módulo                                  | Materias  | Carácter                  | ECTS cursados | Semes-<br>tres |
| M1:<br>Formación<br>Básica              |   | Formación<br>Básica       | 60            | 1, 2           |
| M2: Formación<br>General                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Física Clásica</li> <li>• Física Cuántica y Estadística</li> <li>• Métodos Matemáticos de la Física</li> <li>• Laboratorio de Física</li> </ul>                      | Obligatorio               | 90            | 3, 4, 5,<br>6  |
| M3: Física<br>Fundamental               | • Obligatoria de Física Fundamental   | Obligatorio de itinerario | 30            | 5, 6, 7        |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Astrofísica y Cosmología</li> <li>• Estructura de la Materia</li> <li>• Física Teórica</li> </ul>  | Optativo                  | 30 - 42       | 7, 8           |
| M5:<br>Transversal                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación Transversal</li> <li>• Prácticas en Empresas / Tutorías</li> </ul>   | Optativo                  | 0 - 24 *      | 5, 6, 7,<br>8  |
| M4: Física<br>Aplicada                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obligatoria de Física Aplicada</li> <li>• Electrónica y Procesos Físicos</li> <li>• Física de Materiales</li> <li>• Física de la Atmósfera y de la Tierra</li> </ul> | Optativo                  | 0 - 24 *      | 5, 6, 7,<br>8  |
| M6: Trabajo<br>Fin de Grado             |   | Trabajo Fin de Grado      | 6             | 8              |
| <b>TOTAL</b>                            |   |                           | <b>240</b>    |                |

(\*) En todo caso deben respetarse los requisitos de reparto indicados al principio de este apartado



| <b>Itinerario de Física Aplicada</b> |  |                           |               |             |
|--------------------------------------|--|---------------------------|---------------|-------------|
| Módulo                               | Materias   | Carácter                  | ECTS cursados | Semes -tres |
| M1:<br>Formación Básica              |  | Formación Básica          | 60            | 1, 2        |
| M2:<br>Formación General             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Física Clásica</li> <li>• Física Cuántica y Estadística</li> <li>• Métodos Matemáticos de la Física</li> <li>• Laboratorio de Física</li> </ul> | Obligatorio               | 90            | 3, 4, 5, 6  |
| M4:<br>Física Aplicada               | • Obligatoria de Física Aplicada   | Obligatorio de itinerario | 30            | 5, 6, 7     |
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrónica y Procesos Físicos</li> <li>• Física de Materiales</li> <li>• Física de la Atmósfera y de la Tierra</li> </ul>                      | Optativo                  | 30 - 42       | 7, 8        |
| M5:<br>Transversal                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación Transversal</li> <li>• Prácticas en Empresas / Tutorías</li> </ul>  | Optativo                  | 0 - 24 *      | 5, 6, 7, 8  |
| M3:<br>Física Fundamental            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obligatoria de Física Fundamental</li> <li>• Astrofísica y Cosmología</li> <li>• Estructura de la Materia</li> <li>• Física Teórica</li> </ul>  | Optativo                  | 0 - 24 *      | 5, 6, 7, 8  |
| M6:<br>Trabajo Fin de Grado          |  | Trabajo Fin de Grado      | 6             | 8           |
| <b>TOTAL</b>                         |  |                           | <b>240</b>    |             |

(\*) En todo caso deben respetarse los requisitos de reparto indicados al principio de este apartado

## 1.2. Asignaturas del Plan de Estudios

| Código | Primer curso                          | Módulo           | Tipo | ECTS |
|--------|---------------------------------------|------------------|------|------|
| 800490 | Fundamentos de Física I               | Formación Básica | OB   | 9    |
| 800491 | Fundamentos de Física II              |                  | OB   | 9    |
| 800492 | Matemáticas                           |                  | OB   | 9    |
| 800493 | Cálculo                               |                  | OB   | 7.5  |
| 800494 | Álgebra                               |                  | OB   | 7.5  |
| 800495 | Química                               |                  | OB   | 6    |
| 800496 | Laboratorio de Computación Científica |                  | OB   | 6    |
| 800497 | Laboratorio de Física I               |                  | 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   | Física                           |                   | 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   |
| 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                        |                                       |                                | OP              | 6    |
| 800535 | Física Nuclear                                     | Estructura de la Materia              |                                | 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   |
| 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 Experimentales en Física 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   |
| 800528 | Trabajo Fin de Grado                               |                                       | Trabajo Fin de Grado           | OB              | 6    |

OB = Asignatura obligatoria

OI = Asignatura obligatoria de itinerario

OP = Asignatura optativa

Las tablas de las páginas siguientes muestran como se estructuran las asignaturas en cursos y semestres:

### 1.3. Distribución esquemática por semestres.

| Grado en Física Universidad Complutense de Madrid        |   |
|--|---|
| <b>Primer curso</b>                                      |   |
| <b>S1</b>  | <b>S2</b>                                   |
| <b>Fundamentos de Física I</b><br>(9 ECTS)               | <b>Fundamentos de Física II</b><br>(9 ECTS) |
| <b>Química</b><br>(6 ECTS)                               | <b>Cálculo</b><br>(7.5 ECTS)                |
| <b>Matemáticas</b><br>(9 ECTS)                           | <b>Álgebra</b><br>(7.5 ECTS)                |
| <b>Laboratorio de Computación Científica</b><br>(6 ECTS) | <b>Laboratorio de Física I</b><br>(6 ECTS)  |

5/7/09

| Grado en Física Universidad Complutense de Madrid |   |
|---|---|
| <b>Segundo curso</b>                              |   |
| <b>S3</b>   | <b>S4</b>                                 |
| <b>Mecánica Clásica</b><br>(7.5 ECTS)             | <b>Óptica</b><br>(7.5 ECTS)               |
| <b>Termodinámica</b><br>(7.5 ECTS)                | <b>Física Cuántica I</b><br>(6 ECTS)      |
| <b>Electromagnetismo I</b><br>(6 ECTS)            | <b>Electromagnetismo II</b><br>(6 ECTS)   |
| <b>Métodos Matemáticos I</b><br>(6 ECTS)          | <b>Métodos Matemáticos II</b><br>(6 ECTS) |
| <b>Laboratorio de Física II (3 + 4.5 ECTS)</b>    |   |

5/7/09

## Tercer curso (Física Fundamental)

**S5**

**S6**

|  |  |
|--|--|
| <b>Física Estadística</b>  | <b>Física del Estado Sólido</b>  |
| <b>Física Cuántica II</b>  | <b>Estructura de la Materia</b>  |
| <b>Laboratorio de Física III</b>   | <b>Termodinámica del No Equilibrio</b>   |
| <b>Astrofísica</b>   | <b>Mecánica Cuántica</b>   |
| <b>1 Optativa entre:</b><br>•Mecánica de Medios Continuos<br>•Física Computacional<br>•Historia de la Física | <b>1 Optativa entre:</b><br>•Instrumentación electrónica<br>•Estadística y Análisis de Datos<br>•Geometría Diferencial y Cálculo Tens. |

Se podrán sustituir las asignaturas optativas por las obligatorias de tercer curso del itinerario de Física Aplicada

## Tercer curso (Física Aplicada)

**S5**

**S6**

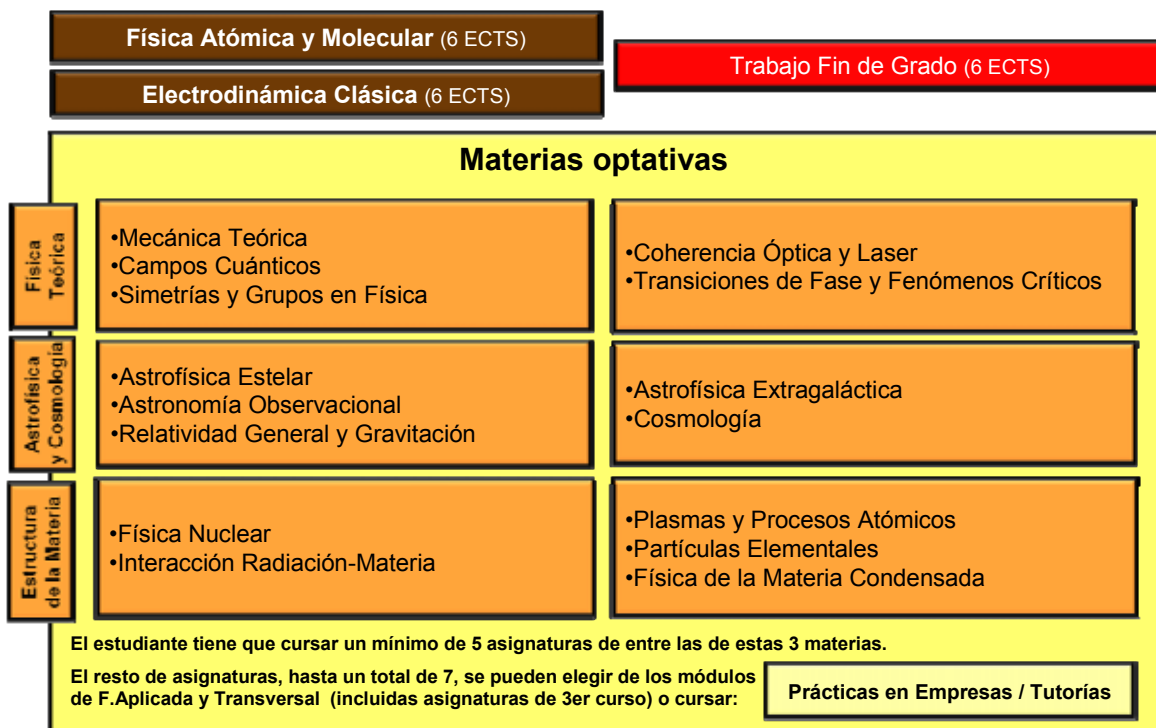
|  |  |
|--|--|
| <b>Física Estadística</b>  | <b>Física del Estado Sólido</b>  |
| <b>Física Cuántica II</b>  | <b>Estructura de la Materia</b>  |
| <b>Laboratorio de Física III</b>   | <b>Física de la Atmósfera</b>  |
| <b>Física de Materiales</b>  | <b>Física de la Tierra</b>   |
| <b>1 Optativa entre:</b><br>•Mecánica de Medios Continuos<br>•Física Computacional<br>•Historia de la Física | <b>1 Optativa entre:</b><br>•Instrumentación electrónica<br>•Estadística y Análisis de Datos<br>•Geometría Diferencial y Cálculo Tens. |

Se podrán sustituir las asignaturas optativas por las obligatorias de tercer curso del itinerario de Física Fundamental:

## Cuarto curso (Física Fundamental)

S7

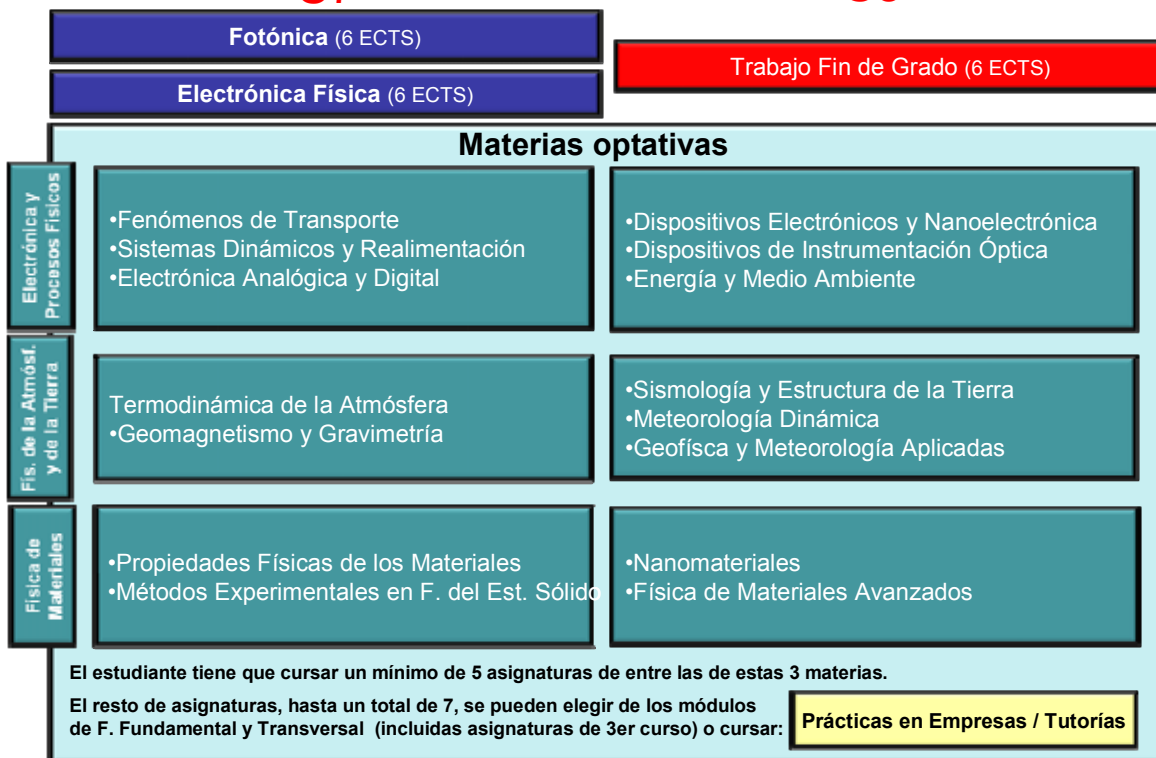
S8



## Cuarto curso (Física Aplicada)

S7

S8



## 1.4. 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 materias o 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),.

Ello incluye las siguientes 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. Ser 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 (Módulos de Formación Básica, General, Transversal y Fin de grado)

| código | asignatura                            | tipo | curso | Competencias Generales |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      | Competencias Específicas |     |     |     |     |     |     |     |     |      | módulo/materia |   |   |   |  |
|--------|---------------------------------------|------|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----------------|---|---|---|--|
|        |                                       |      |       | CG1                    | CG2 | CG3 | CG4 | CG5 | CG6 | CG7 | CG8 | CG9 | CG10 | CG11 | CG12 | CE1                      | CE2 | CE3 | CE4 | CE5 | CE6 | CE7 | CE8 | CE9 | CE10 |                |   |   |   |  |
| 800490 | Fundamentos de Física I               | Ob   | 1     | X                      | X   | X   | X   |     | X   | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   |     | X   | X   |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación Básica/.                                 |
| 800492 | Matemáticas                           | Ob   | 1     | X                      | X   | X   | X   |     |     | X   |     |     |      | X    |      |                          | X   |     |     |     |     |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación Básica/.                                 |
| 800495 | Química                               | Ob   | 1     | X                      | X   | X   |     |     |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   |     | X   |     |     |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación Básica/.                                 |
| 800496 | Laboratorio de Computación Científica | Ob   | 1     | X                      | X   | X   |     |     |     | X   | X   |     |      | X    |      |                          | X   |     |     | X   |     |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación Básica/.                                 |
| 800491 | Fundamentos de Física II              | Ob   | 1     | X                      | X   | X   |     |     |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   |     | X   |     |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación Básica/.                                 |
| 800493 | Cálculo                               | Ob   | 1     | X                      | X   | X   |     |     |     | X   |     |     |      | X    |      |                          | X   |     |     |     |     |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación Básica/.                                 |
| 800494 | Álgebra                               | Ob   | 1     | X                      | X   | X   |     |     |     | X   |     |     |      | X    |      |                          | X   |     |     |     |     |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación Básica/.                                 |
| 800497 | Laboratorio de Física I               | Ob   | 1     | X                      | X   | X   |     |     |     | X   | X   |     |      | X    |      | X                        | X   | X   |     | X   | X   |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación Básica/.                                 |
| 800498 | Mecánica Clásica                      | Ob   | 2     | X                      | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   |     | X   | X   |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Clásica                   |
| 800499 | Termodinámica                         | Ob   | 2     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   |     | X   | X   |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Clásica                   |
| 800501 | Electromagnetismo I                   | Ob   | 2     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   |     | X   | X   |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Clásica                   |
| 800500 | Óptica                                | Ob   | 2     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   |     | X   |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Clásica                   |
| 800502 | Electromagnetismo II                  | Ob   | 2     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   |     | X   | X   |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Clásica                   |
| 800503 | Física Cuántica I                     | Ob   | 2     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   |     | X   | X   |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Cuántica y Estadística    |
| 800513 | Física Cuántica II                    | Ob   | 3     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   |     | X   | X   |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Cuántica y Estadística    |
| 800514 | Física Estadística                    | Ob   | 3     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   |     | X   |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Cuántica y Estadística    |
| 800515 | Física del Estado Sólido              | Ob   | 3     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   |     | X   |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Cuántica y Estadística    |
| 800516 | Estructura de la Materia              | Ob   | 3     | X                      |     | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   |     | X   | X   | X   |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Física Cuántica y Estadística    |
| 800506 | Laboratorio de Física II              | Ob   | 2     | X                      | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |      |                |   |   |   | Formación General/Laboratorio de Física            |
| 800517 | Laboratorio de Física III             | Ob   | 3     | X                      | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |     |      | X    |      | X                        | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Laboratorio de Física            |
| 800504 | Métodos Matemáticos I                 | Ob   | 2     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      |                          | X   |     |     |     | X   | X   |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Métodos Matemáticos de la Física |
| 800505 | Métodos Matemáticos II                | Ob   | 2     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      |                          | X   |     |     |     | X   |     |     |     |      |                |   |   |   | Formación General/Métodos Matemáticos de la Física |
| 800518 | Mecán. de los Medios Continuos        | Opt  | 3     | X                      | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X    | X    |      |                          | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |      |                |   |   | X | Transversal/Formación Transversal                  |
| 800520 | Física Computacional                  | Opt  | 3     | X                      | X   | X   |     | X   | X   | X   | X   | X   | X    | X    |      |                          | X   | X   | X   | X   |     | X   |     |     |      |                |   |   | X | Transversal/Formación Transversal                  |
| 800523 | Historia de la Física                 | Opt  | 3     | X                      | X   |     |     | X   |     | X   |     |     |      | X    |      | X                        |     |     |     |     |     |     | X   | X   |      |                |   |   | X | Transversal/Formación Transversal                  |
| 800519 | Instrumentación Electrónica           | Opt  | 3     | X                      | X   | X   |     | X   | X   | X   | X   | X   | X    | X    |      |                          | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |      |                |   |   | X | Transversal/Formación Transversal                  |
| 800521 | Estadística y Análisis y de Datos     | Opt  | 3     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   | X   | X   | X    | X    |      |                          | X   | X   |     | X   | X   | X   |     |     |      |                |   |   | X | Transversal/Formación Transversal                  |
| 800522 | Geometría Diferencial y Cálculo Tensc | Opt  | 3     | X                      | X   | X   |     | X   |     | X   | X   | X   | X    | X    |      |                          | X   | X   |     | X   | X   | X   |     |     |      |                |   |   | X | Transversal/Formación Transversal                  |
| 800559 | Prácticas en Empresas/Tutorías (Físic | Opt  | 4     | X                      | X   | X   | X   | X   |     | X   | X   | X   | X    | X    |      |                          | X   |     |     | X   | X   | X   | X   |     |      |                |   |   | X | Transversal/Prácticas en Empresas / Tutorías       |
| 800528 | Trabajo Fin de Grado                  | TFG  | 4     | X                      | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X    | X    |      |                          |     |     | X   | X   |     | X   | X   | X   | X    | X              | X | X | X | Trabajo Fin de Grado                               |

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

Detalle de la adquisición de competencias por asignaturas (Módulos Fundamental y Aplicada)

| código | asignatura                             | tipo | curso | Competencias Generales |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      | Competencias Específicas |     |     |     |     |     |     |   |   |      | módulo/materia |
|--------|--|------|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|------|----------------|
|        |  |      |       | CG1                    | CG2 | CG3 | CG4 | CG5 | CG6 | CG7 | CG8 | CG9 | CG10 | CG11 | CG12 | CE1                      | CE2 | CE3 | CE4 | CE5 | CE6 | CE7 | CE8   | CE9   | CE10 |                |
|        |  |      |       | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   | x   |   | x   |      |                |
| 800529 | Astrofísica Estelar                    | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Astrofísica y Cosmología           |      |                |
| 800530 | Astrofísica Extragaláctica             | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Astrofísica y Cosmología           |      |                |
| 800531 | Astronomía Observacional               | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Astrofísica y Cosmología           |      |                |
| 800532 | Cosmología                             | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    |      | x    |                          | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Astrofísica y Cosmología           |      |                |
| 800533 | Relatividad General y Gravitación      | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Astrofísica y Cosmología           |   |      |                |
| 800534 | Plasmas y Procesos Atómicos            | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Estructura de la Materia           |      |                |
| 800535 | Física Nuclear                         | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Estructura de la Materia           |      |                |
| 800536 | Partículas Elementales                 | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   |     | x   | x    |      | x    |                          | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Estructura de la Materia           |      |                |
| 800537 | Física de la Materia Condensada        | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Estructura de la Materia           |      |                |
| 800538 | Interacción Radiación-Materia          | Opt  | 4     | x                      |     | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Estructura de la Materia           |      |                |
| 800539 | Mecánica Teórica                       | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   |     | x   |      | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Física Teórica                     |      |                |
| 800540 | Campos Cuánticos                       | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Física Teórica                     |      |                |
| 800541 | Transiciones de Fase y Fenómenos C     | Opt  | 4     | x                      |     |     | x   | x   |     | x   | x   |     |      |      |      |                          |     |     | x   |     | x   |     |   | Física Fundamental/Física Teórica                     |      |                |
| 800542 | Simetrías y Grupos en Física           | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   |      | x    |      | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Física Teórica                     |      |                |
| 800543 | Coherencia Óptica y Láser              | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Física Teórica                     |      |                |
| 800507 | Astrofísica                            | Opt  | 3     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Oblig. Física Fundamental          |   |      |                |
| 800508 | Termodinámica del no Equilibrio        | Opt  | 3     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Oblig. Física Fundamental          |   |      |                |
| 800509 | Mecánica Cuántica                      | Opt  | 3     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Oblig. Física Fundamental          |   |      |                |
| 800524 | Física Atómica y Molecular             | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Oblig. Física Fundamental          |      |                |
| 800525 | Electrodinámica Clásica                | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Fundamental/Oblig. Física Fundamental          |   |      |                |
|        |  |      |       | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |   |      |                |
| 800544 | Dispositivos Electrónicos y Nanoelectr | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   | Física Aplicada/Electrónica y Procesos Físicos        |      |                |
| 800545 | Sistemas Dinámicos y Realimentación    | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   | Física Aplicada/Electrónica y Procesos Físicos        |      |                |
| 800546 | Dispositivos de Instrumentación Óptic  | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   | Física Aplicada/Electrónica y Procesos Físicos        |      |                |
| 800547 | Fenómenos de Transporte                | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   | Física Aplicada/Electrónica y Procesos Físicos        |      |                |
| 800548 | Electrónica Analógica y Digital        | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   | Física Aplicada/Electrónica y Procesos Físicos        |      |                |
| 800549 | Energía y Medio Ambiente               | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   | Física Aplicada/Electrónica y Procesos Físicos        |      |                |
| 800554 | Meteorología Dinámica                  | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    |      | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Física de la Atmósfera y de la Tierra |      |                |
| 800555 | Termodinámica de la Atmósfera          | Opt  | 4     | x                      |     | x   |     | x   |     | x   | x   | x   |      | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Física de la Atmósfera y de la Tierra |   |      |                |
| 800556 | Sismología y Estructura de la Tierra   | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   |      | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Física de la Atmósfera y de la Tierra |   |      |                |
| 800557 | Geomagnetismo y Gravimetría            | Opt  | 4     | x                      |     | x   |     | x   |     | x   |     | x   |      | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Física de la Atmósfera y de la Tierra |   |      |                |
| 800558 | Geofísica y Meteorología Aplicadas     | Opt  | 4     | x                      |     | x   |     | x   |     | x   |     | x   |      | x    | x    |                          | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Física de la Atmósfera y de la Tierra |      |                |
| 800550 | Propiedades Físicas de los Materiales  | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   | Física Aplicada/Física de Materiales                  |      |                |
| 800551 | Nanomateriales                         | Opt  | 4     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Física de Materiales                  |   |      |                |
| 800552 | Física de Materiales Avanzados         | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Física de Materiales                  |   |      |                |
| 800553 | Métodos Experimentales en Física del   | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   | Física Aplicada/Física de Materiales                  |      |                |
| 800510 | Física De Materiales                   | Opt  | 3     | x                      | x   | x   |     | x   |     | x   | x   |     |      | x    | x    |                          |     |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Oblig. Física Aplicada                |      |                |
| 800511 | Física de la Atmósfera                 | Opt  | 3     | x                      |     | x   |     | x   |     | x   |     | x   |      | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Oblig. Física Aplicada                |   |      |                |
| 800512 | Física de la Tierra                    | Opt  | 3     | x                      |     | x   | x   | x   |     | x   |     | x   |      | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Oblig. Física Aplicada                |   |      |                |
| 800526 | Fotónica                               | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        | x   |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Oblig. Física Aplicada                |      |                |
| 800527 | Electrónica Física                     | Opt  | 4     | x                      | x   | x   | x   | x   |     | x   | x   | x   | x    | x    | x    | x                        |     | x   |     | x   |     | x   | Física Aplicada/Oblig. Física Aplicada                |   |      |                |

Casillas marcadas en amarillo indican las competencias marcadas por el verfica de la titulación para cada módulo.  
 Resto de casillas indican las copetencias asumidasp para este curso por cada asignatura.

## Fichas de las Asignaturas

Aunque en este momento no se imparte ningún grupo en inglés, la mayoría de las asignaturas recomiendan bibliografía en inglés y, en muchos casos, también enlaces a páginas web con información adicional en este idioma.

Además de la bibliografía, algunas asignaturas proponen actividades en inglés o enlaces a páginas con diversas actividades en este idioma (cursos on-line, video-tutoriales, simuladores, animaciones, etc.). Estas actividades o enlaces se marcan en las siguientes fichas con los iconos



## 2. Fichas de las Asignaturas de Primer Curso



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                |                |                  |                  |        |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Fundamentos de Física I</b> |                |                  | <b>Código</b>    | 800490 |
| <b>Materia:</b>                |                                | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Formación Básica               | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teoría | Prácticos |
|---------------------------|-------|--------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 9     | 4.5    | 4.5       |
| <b>Horas presenciales</b> | 82.5  | 37.5   | 45        |

|                                  |                          |       |               |                 |    |
|----------------------------------|--------------------------|-------|---------------|-----------------|----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Carlos Díaz-Guerra Viejo |       |               | <b>Dpto:</b>    | FM |
|                                  | <b>Despacho:</b>         | 111.0 | <b>e-mail</b> | cdiazgue@ucm.es |    |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |       |                |   |                          |                            |       |          |        |
|--|-------|----------------|---|--------------------------|----------------------------|-------|----------|--------|
| Grupo  | Aula  | Día            | Horario                                   | Profesor                 | Periodo/<br>Fechas         | Horas | T/P<br>* | Dpto.  |
| <b>A</b>   | 7     | L, M<br>J, V   | 9:00-10:30                                | Juan Ramírez Mittelbrunn | Todo el semestre           | 90    | T y P    | FTI    |
| <b>B</b>   | 8     | M,J,V          | 11:00-13:00                               | Amparo Izquierdo Gil     | 26-09-2016 a<br>9-01-2017  | 70    | T y P    | FAI    |
|  |       |                |   | Ricardo Brito López      | 10-01-2017 a<br>20-01-2017 | 20    | T y P    | FAI    |
| <b>C</b>   | B14** | L,M,J          | 11:00-13:00                               | Pedro Hidalgo Alcalde    | Todo el semestre           | 90    | T y P    | FM     |
| <b>D</b>   | B14** | L, M<br>X, J   | 15:00-16:30                               | Diego Córdoba Barba      | Todo el semestre           | 90    | T y P    | FTAAI  |
| <b>E</b>   | 8     | L, M<br>X, J   | 15:00-16:30                               | Carlos Díaz-Guerra Viejo | Todo el semestre           | 90    | T y P    | FM     |
| <b>F</b>   | 7     | M<br>X<br>J, V | 17:30-19:00<br>15:00-16:30<br>17:30-19:00 | Rocío Ranchal Sánchez    | 26-09-2016 a<br>28-10-2016 | 30    | T y P    | FM     |
|  |       |                |   | Norbert M. Nemes         | 31-10-2016 a<br>20-01-2017 | 30    | T y P    | FM     |
|  |       |                |   | Rainer Schmidt           | 31-10-2016 a<br>20-01-2017 | 30    | T y P    | FM     |
| <b>G</b>   | 4A    | L<br>M, J<br>V | 11:00-13:00<br>11:00-12:30<br>11:00-12:00 | Javier Gorgas García     | Todo el semestre           | 45    | T        | FTAAII |
|  |       |                |   | Nicolás Cardiel López    | Todo el semestre           | 45    | P        | FTAAII |

\*: T:teoría, P:prácticas - \*\* Facultad de Matemáticas

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                            |  |                           |   |
|--|----------------------------|--|---------------------------|---|
| Grupo  | Profesor                   | horarios                                       | e-mail                    | Lugar   |
| <b>A</b>                                     | Juan Ramírez Mittelbrunn   | L de 11:00 a 13:00<br>X de 14:30 a 18:30       | juanrami@fis.ucm.es       | Ala oeste, 3ª planta,<br>Despacho 7           |
| <b>B</b>                                     | Amparo Izquierdo Gil       | M y J de 13 a 14:30                            | amparo@ucm.es             | Despacho 109, Ala<br>este, 1ª planta          |
|  | Ricardo Brito López        | M y J de 13 a 14:30                            | brito@ucm.es              | Despacho 114, Ala<br>este, 1ª planta          |
| <b>C</b>                                     | Pedro Hidalgo Alcalde      | L,X de 14:30 a 16:00<br>X,V de 10:30 a 12:00   | phidalgo@ucm.es           | Despacho 211,<br>Módulo central,<br>2ª planta |
| <b>D</b>                                     | Diego Córdoba Barba        | X y J de 11:00 a 12:30                         | dcordoba@fis.ucm.es       | Ala este 4ª planta<br>Despacho 119            |
| <b>E</b>                                     | Carlos Díaz - Guerra Viejo | L y X de 11:30 a 13:00                         | cdiazgue@ucm.es           | Ala este 2ª planta<br>Despacho 111            |
| <b>F</b>                                     | Rocío Ranchal Sánchez      | L,X,V de 10:00 a 12:00                         | rociran@fis.ucm.es        | Ala este, 2ª planta<br>Despacho 106           |
|  | Norbert M. Nemes           | J,V de 14.30 a 16.30                           | nmnemes@fis.ucm.es        | Ala este, 3ª planta<br>Despacho 115b          |
|  | Rainer Schmidt             | L, V: 14:00-15:00                              | rainer.schmidt@fis.ucm.es | Ala este, 3ª planta<br>Despacho 115b          |
| <b>G</b>                                     | Javier Gorgas García       | X de 9:30 a 14:00<br>M,J,V de 12:30 a<br>14:00 | jpgorgas@fis.ucm.es       | Ala oeste, planta<br>baja, despacho 13        |
|  | Nicolás Cardiel López      | M de 15:30 a 18:30<br>X de 10:30 a 13:00       | cardiel@ucm.es            | Ala oeste, planta<br>baja, despacho 12        |

**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.

**Resumen**

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

**Conocimientos previos necesarios**

Los adquiridos de Matemáticas y Física en el Bachillerato.

**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 Bernoulli. 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 monoterms: 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*, 1<sup>er</sup> vol., 4ª Ed. (McGraw-Hill, Madrid, 2001).
- P. A. Tipler y G. Mosca, *Física*, 1<sup>er</sup> 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\\_/](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   |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 75% |
| <p>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, <math>N_{Final}</math>, se obtendrá de la mejor de las opciones:</p> $N_{Final} = 0.3N_{Ex\_Parc} + 0.7N_{Ex\_Final}$ $N_{Final} = N_{Ex\_Final}$ <p>donde <math>N_{Ex\_Parc}</math> es la nota obtenida en el examen parcial y <math>N_{Ex\_Final}</math> es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10.</p> <p>Para aprobar la asignatura, la calificación del examen final (<math>N_{Ex\_Final}</math>) habrá de ser <math>\geq 4</math>.</p> <p>Los exámenes tendrán una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p> <p>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.</p> <p>Los exámenes serán comunes a todos los grupos.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades</b>   | <b>Peso:</b> | 25% |
| <p>Las actividades de evaluación continua pueden incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.</li> <li>• Pequeñas pruebas escritas individuales realizadas durante las clases.</li> <li>• Test o cuestionarios realizados a través del Campus Virtual.</li> </ul>  |              |     |
| Calificación final   |              |     |
| <p>La calificación final será la mejor de las opciones</p> $C_{Final} = 0.75N_{Final} + 0.25N_{OtrasActiv.} \quad C_{Final} = N_{Final}$ <p>donde <math>N_{OtrasActiv.}</math> es la calificación correspondiente a Otras actividades y <math>N_{Final}</math> la obtenida de la realización de exámenes.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>   |              |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                 |                |                  |                  |        |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Fundamentos de Física II</b> |                |                  | <b>Código</b>    | 800491 |
| <b>Materia:</b>                |                                 | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Formación Básica                | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos | Seminario |
|---------------------------|-------|----------|-----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 9     | 4        | 4         | 1         |
| <b>Horas presenciales</b> | 86    | 33.5     | 40        | 12.5      |

|                                  |                              |     |               |                |        |
|----------------------------------|------------------------------|-----|---------------|----------------|--------|
| <b>Profesor/a coordinador/a:</b> | Vicente Carlos Ruiz Martínez |     |               | <b>Dpto:</b>   | FTAA-I |
|                                  | <b>Despacho:</b>             | 207 | <b>e-mail</b> | vcarlos@ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |      |                  |  |                              |                       |       |          |        |
|--|------|------------------|--|------------------------------|-----------------------|-------|----------|--------|
| Grupo  | Aula | Día              | Horario  | Profesor                     | Periodo/<br>Fechas    | Horas | T/P<br>* | Dpto.  |
| <b>A</b>   | 7    | L, M, X<br>J     | 9:00-10:30<br>9:00-10:30                                 | Jesús Fidel González Rouco   | Todo el semestre      | 90    | T y P    | FTAAII |
| <b>B</b>   | 8    | M, J<br>V        | 11:00-13:00<br>9:00 - 11:00                              | Antonio Hernando Grande      | Todo el semestre      | 90    | T y P    | FM     |
| <b>C</b>   | M3   | M, J<br>V        | 11:00-13:00<br>9:00 - 11:00                              | Elena Navarro Palma          | Todo el semestre      | 90    | T y P    | FM     |
| <b>D</b>   | M3   | L<br>M<br>X<br>J | 14:30-16:00<br>15:00-16:30<br>15:30-17:00<br>15:00-16:30 | Vicente Carlos Ruiz Martínez | Todo el semestre      | 90    | T y P    | FTAAI  |
| <b>E</b>   | 8    | L, M<br>X<br>J   | 18:00-19:30  | María Varela del Arco        | 1ª mitad del semestre | 50    | T y P    | FM     |
|  |      |                  | 15:00-16:30<br>17:30-19:00                               | Norbert Marcel Nemes         | 2ª mitad del semestre | 40    |          |        |
| <b>F</b>   | 7    | M<br>X<br>J<br>V | 16:30-18:00<br>15:00-16:30<br>16:00-17:30<br>15:00-16:30 | Mª África Castillo Morales   | Todo el semestre      | 90    | T y P    | FTAAII |
| <b>G</b>   | 4A   | M, J<br>V        | 11:00-13:00<br>9:00-11:00                                | M. Amparo Izquierdo Gil      | Todo el semestre      | 90    | T y P    | FA-I   |

\*: T:teoría, P:prácticas

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                              |   |                     |                          |
|---|------------------------------|---|---------------------|--------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>              | <b>horarios</b>                               | <b>e-mail</b>       | <b>Lugar</b>             |
| <b>A</b>  | Jesús Fidel González Rouco   | L y X de 10:30 a 13:30 h.                     | fidelgr@ucm.es      | despacho 4, planta baja  |
| <b>B</b>  | Antonio Hernando Grande      | L: 16:00-17:00                                | antherna@fis.ucm.es | despacho 113, 2ª planta  |
| <b>C</b>  | Elena Navarro Palma          | L y X de 10:00 a 13:00 h.                     | enavarro@ucm.es     | despacho 119, 2ª planta  |
| <b>D</b>  | Vicente Carlos Ruiz Martínez | J de 11:00 a 14:00 h.                         | vcarlos@ucm.es      | despacho 207, 4ª planta  |
| <b>E</b>  | María Varela del Arco        |   | mvarela@fis.ucm.es  |                          |
|   | Norbert Marcel Nemes         |   | nmnemes@fis.ucm.es  |                          |
| <b>F</b>  | Mª África Castillo Morales   | M y J de 10:30 a 13:30 h.                     | acasmor@fis.ucm.es  | despacho 14, planta baja |
| <b>G</b>  | M. Amparo Izquierdo Gil      | M de 13:00 a 14:30 h. y V de 12:00 a 13:30 h. | amparo@ucm.es       | despacho 119, 1ª planta  |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Conocer y comprender los fenómenos físicos básicos, incluyendo los relacionados con el electromagnetismo, los fenómenos ondulatorios, la óptica y las propiedades de la materia</li> <li>• Iniciarse en la formulación y resolución de problemas físicos sencillos, identificando los principios físicos relevantes y usando estimaciones de órdenes de magnitud.</li> <li>• Desarrollar una visión panorámica de lo que abarca realmente la Física actual.</li> </ul> |

### Resumen

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

### Conocimientos previos necesarios

Asignaturas: Fundamentos de Física I y Matemáticas

### Programa teórico 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

1 y 2 de marzo-Seminario 1 a determinar

15 y 16 de marzo-Seminario 2 a determinar

5 y 6 de abril- Seminario 3 a determinar.

26 y 27 de abril- Seminario 4 a determinar.

3 y 4 de mayo- Seminario 5 a determinar.

(Estas fechas no son definitivas).

Temas tentativos del programa:

Astrofísica, Electricidad atmosférica, Magnetismo, 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 Iberoamericanan).
- 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](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><http://www.feynmanlectures.caltech.edu/>
- 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)
- Seminarios sobre temas de actualidad dentro del campo de la Física (cada dos semanas 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.

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.

| <b>Evaluación</b>   |              |            |
|---|--------------|------------|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | <b>75%</b> |
| <p>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).</p> <p>Además, se realizará un examen final.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• El resto de los alumnos disponen de dos opciones:             <ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>b) Realizar el examen final. La calificación final será la obtenida en este examen.</li> </ol> </li> </ul> <p>En la convocatoria de septiembre se realizará un único examen final</p> <p>Para poder hacer media con la evaluación continua, se exigirá que la calificación, en este apartado, sea como mínimo de 5 sobre 10.</p> |              |            |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | <b>25%</b> |
| <p>Se realizarán y evaluarán las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de problemas.</li> <li>• Asistencia a los seminarios y resumen correspondiente.</li> <li>• Otras actividades que podrán incluir pequeñas pruebas escritas, participación en clase y tutorías, presentación de trabajos, etc.</li> </ul>   |              |            |
| <b>Calificación final</b>   |              |            |
| <p>La calificación final (F) será la mejor de las dos siguientes:</p> $F = 0.25 A + 0.75 E \qquad F = E$ <p>donde A es la calificación correspondiente a "Otras actividades" y E es la calificación obtenida en los "Exámenes" (ambas sobre 10).</p> <p>Esta ponderación es válida tanto para la convocatoria de junio como para la de septiembre</p>   |              |            |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                    |                  |                  |
|--------------------------------|--------------------|------------------|------------------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Matemáticas</b> | <b>Código</b>    | 800492           |
| <b>Materia:</b>                |                    | <b>Módulo:</b>   | Formación Básica |
| <b>Carácter:</b>               | Formación Básica   | <b>Curso:</b>    | 1º               |
|                                |                    | <b>Semestre:</b> | 1º               |

|                           | Total | Teoría | Prácticos |
|---------------------------|-------|--------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 9     | 4      | 5         |
| <b>Horas presenciales</b> | 83.5  | 33.5   | 50        |

|                              |                            |               |                 |
|------------------------------|----------------------------|---------------|-----------------|
| <b>Profesor coordinador:</b> | José I. Aranda Iriarte     | <b>Dpto:</b>  | FT-II           |
|                              | <b>Despacho:</b> 18 (2ª O) | <b>e-mail</b> | pparanda@ucm.es |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |       |                |   |                          |                                     |       |       |       |
|---|-------|----------------|---|--------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|
| Grupo   | Aula  | Día            | Horario                                   | Profesor                 | Periodo/Fechas                      | Horas | T/P*  | Dpto. |
| A   | 7     | L, M<br>J, V   | 10:30-12:00                               | José I. Aranda Iriarte   | Todo el semestre                    | 90    | T y P | FTII  |
| B   | 8     | X,J,V          | 9:00-11:00                                | Julio Serna Galán        | 28 de septiembre al 11 de noviembre | 45    | T y P | OPT   |
|   |       |                |   | Tatiana Alieva           | 16 de noviembre al 20 de enero      | 45    | T y P | OPT   |
| C   | B14** | L, M<br>X      | 9:00-11:00<br>11:00-13:00                 | Pablo G. Pérez González  | Todo el semestre                    | 90    | T y P | FTAII |
| D   | B14** | L, M<br>X, J   | 16:30-18:00                               | Laura Muñoz Muñoz        | Primera mitad                       | 45    | T y P | FAMN  |
|   |       |                |   | Cristina Martínez Pérez  | Segunda mitad                       | 45    |       |       |
| E   | 8     | L<br>M<br>X, J | 17:30-19:00<br>18:00-19:30<br>17:30-19:00 | Eugenio Olmedilla Moreno | Todo el semestre                    | 90    | T y P | FTII  |
| F   | 7     | M<br>X<br>J, V | 15:00-16:30<br>18:00-19:30<br>15:00-16:30 | Juan José Sanz Cillero   | Todo el semestre                    | 90    | T y P | FTI   |
| G   | 4A    | M,J,V          | 9:00-11:00                                | Francisco Guil Guerrero  | Todo el semestre                    | 90    | T y P | FTI   |

\*: T:teoría, P:prácticas    \*\*Facultad de Matemáticas



| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                             |   |                   |                                    |
|---|-----------------------------|---|-------------------|------------------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>             | <b>horarios</b>                                   | <b>e-mail</b>     | <b>Lugar</b>                       |
| <b>A</b>  | José I. Aranda              | X: 10:00 – 13:00<br>L y J: 14:00 – 15:30          | pparanda@ucm.es   | Despacho 18<br>(planta 2 oeste)    |
| <b>B</b>  | Julio Serna                 | L, X, J: 16:00 – 18:00                            | azul@ucm.es       | Despacho 10<br>(planta 1 oeste)    |
|   | Tatiana Alieva              | X: 14:00 – 17:00<br>J: 16:30 – 19:30              | talieva@ucm.es    | Despacho 12<br>(planta 1 oeste)    |
| <b>C</b>  | Pablo G. Pérez              | L: 16:00-18:00<br>M: 11:00-13:00 y<br>16:00-18:00 | pgperez@ucm.es    | Despacho 10<br>(planta baja oeste) |
| <b>D</b>  | Cristina Martínez           | L-M-J de 11:00 a 13:00                            | crismp@ucm.es     | Despacho 229<br>(3ª planta)        |
|   | Laura Muñoz                 | X y V: 10:00-13:00                                | lmunoz@ucm.es     |                                    |
| <b>E</b>  | Eugenio Olmedilla<br>Moreno | L: 14:30 – 15:30<br>X: 8:00 -13:00                | yokeha@fis.ucm.es | Despacho 17<br>(planta 2 oeste)    |
| <b>F</b>  | Juan José Sanz<br>Cillero   | M y J 13:30-15:00<br>X 15:00-18:00                | jusanz02@ucm.es   | Despacho 237<br>(planta 3 Oeste)   |
| <b>G</b>  | Francisco Guil              | M y J<br>11:30-13:00 y 14:30-<br>16:00            | fguil@ucm.es      | Despacho 25<br>(planta 2 oeste)    |

**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.

**Resumen**

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

**Conocimientos previos necesarios**

Las matemáticas del bachillerato.

### Programa teórico de la asignatura

- **Repaso de conocimientos previos.** Conjuntos. Lenguaje matemático. Binomio de Newton. Números reales. Desigualdades. Números complejos.
- **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. Demidóvich. Ed. Paraninfo.
- [Apuntes de Matemáticas. Pepe Aranda](#)

### Recursos en Internet

- Se utilizará el Campus Virtual.

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>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.</p> <p>A lo largo del curso se propondrán problemas u otras actividades relacionadas con la asignatura para hacer fuera del aula. Problemas o test de contenido similar a lo hecho en clase serán propuestos algún día en el aula y calificados.</p> <p>Las dudas sobre teoría y problemas de la asignatura podrán ser consultadas en el despacho del profesor en horarios de tutorías.</p> <p>A mitad de curso se realizará un primer examen parcial (sobre la primera mitad del programa). A finales de enero el segundo (sobre el resto). En febrero será el examen final. Todos serán de problemas parecidos a los hechos en clase o fuera de ella. Se proporcionarán enunciados de exámenes de años anteriores.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |                 |     |
|---|-----------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso(*):</b> | 70% |
| <p>Habrán 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 <math>\geq 5</math> y nota superior a 4 en el peor de ellos.</p> <p>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 <math>P_1, P_2</math> son las notas de los parciales y <math>F</math> la del final (sobre 10), la nota <math>E</math> de exámenes será <math>E = \max([P_1 + P_2] / 2, F)</math>.</p> <p>En septiembre el examen será similar al de febrero.</p> |                 |     |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso(*):</b> | 30% |
| <p>Gran parte de los puntos de este apartado se dará por ejercicios hechos en el aula individualmente. Además se podrá valorar la asistencia y actividad en clase, la asistencia a tutorías, la participación en otras actividades que se planteen y la entrega individual o en grupo de problemas o trabajos realizados fuera del aula.</p> <p>La nota final <math>A</math> de otras actividades será un número entre 0 y 3. Esta nota se tendrá en cuenta en la convocatoria de septiembre.</p>   |                 |     |
| <b>Calificación final</b>   |                 |     |
| <p>Si <math>E</math> es la nota final de exámenes y <math>A</math> la nota final de otras actividades, la calificación final <math>C_F</math>, si <math>E \geq 4</math>, vendrá dada por la fórmula:</p> $C_F = \max(A + 0.75 \cdot E, E)$ <p>[Si <math>E &lt; 4</math> y <math>C_F \geq 5</math>, la nota en actas será 4.8].</p> <p>[Aunque el valor máximo de <math>A + 0.75 \cdot E</math> es 10.5 puntos, la nota máxima en actas será 10].</p> <p>La calificación final de septiembre se obtendrá utilizando la misma fórmula.</p>  |                 |     |

(\*) Esos pesos son aproximados y varían con las calificaciones de exámenes y otras actividades.



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                  |                |                  |                  |        |
|--------------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Cálculo</b>   |                |                  | <b>Código</b>    | 800493 |
| <b>Materia:</b>                |                  | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Formación Básica | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teoría | Prácticos |
|---------------------------|-------|--------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 7.5   | 4.5    | 3         |
| <b>Horas presenciales</b> | 67.5  | 37.5   | 30        |

|                   |                        |    |               |                |
|-------------------|------------------------|----|---------------|----------------|
| <b>Profesor/a</b> | Artemio González López |    | <b>Dpto:</b>  | FT-II          |
|                   | <b>Despacho:</b>       | 29 | <b>e-mail</b> | artemio@ucm.es |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |      |             |   |                              |                    |          |              |       |
|--|------|-------------|---|------------------------------|--------------------|----------|--------------|-------|
| Grupo  | Aula | Día         | Horario                                   | Profesor                     | Periodo/<br>Fechas | Horas    | T/<br>P<br>* | Dpto. |
| A  | 7    | L           | 12:00-14:00                               | Luis Antonio Fernández Pérez | Según progreso     | 45       | T y P        | FTI   |
|  |      | M, X        | 12:00-13:30                               | Felipe Llanes Estrada        | Según progreso     | 30       | T y P        | FTI   |
| B  | 8    | M<br>X<br>J | 13:00-14:30<br>11:00-13:00<br>9:30-11:00  | Artemio González López       | Todo el semestre   | 75       | T y P        | FTII  |
| C  | M3   | L<br>M<br>V | 9:00-11:00<br>9:30-11:00<br>11:00-12:30   | Francisco Guil Guerrero      | Todo el semestre   | 60<br>15 | T y P        | FTII  |
| D  | M3   | L           | 17:30-19:30                               | Cristina Martínez Pérez      | Todo el semestre   | 55       | T y P        | FAMN  |
|  |      | M, J        | 18:00-19:30                               | Laura Muñoz Muñoz            | Todo el semestre   | 20       | P            |       |
| E  | 8    | L           | 16:00-18:00                               | Luis Antonio Fernández Pérez | Según progreso     | 67,5     | T y P        | FTI   |
|  |      | M, X        | 16:30-18:00                               | Felipe Llanes Estrada        | Según progreso     | 7.5      | T y P        | FTI   |
| F  | 7    | M<br>J<br>V | 15:00-16:30<br>14:30-16:00<br>16:30-18:30 | Francisco Navarro Lérica     | Todo el semestre   | 75       | T y P        | FAMN  |
| G  | 4A   | L<br>M<br>V | 11:00-13:00<br>9:30-11:00<br>11:00-12:30  | Artemio González López       | Todo el semestre   | 75       | T y P        | FTII  |

\*: T:teoría, P:practicás

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                              |   |                        |  |
|---|------------------------------|---|------------------------|--|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>              | <b>horarios</b>   | <b>e-mail</b>          | <b>Lugar</b>                             |
| <b>A</b>  | Luis Antonio Fernández Pérez | M y X: 14:30 – 16:30<br>J: 10:30 – 12:30  | laf@lattice.fis.ucm.es | Despacho 3<br>3ª Pl. Oeste               |
|   | Felipe Llanes Estrada        | J y V: 11:30 - 13:30 y<br>16:30 – 17:30   | flanes@fis.ucm.es      | Despacho 24<br>3ª Pl. Oeste              |
| <b>B</b>  | Artemio González López       | X: 14:30-16:00h<br>J: 14:30-17:00h<br>V: 14:30-16:30h                                   | artemio@ucm.es         | Despacho 29<br>(2ª planta,<br>ala oeste) |
| <b>C</b>  | Francisco Guil Guerrero      | L y M: 11:30 - 13:00 y<br>14:30 – 16:00   | fguil@fis.ucm.es       | Despacho 25<br>2ª Pl. Oeste              |
| <b>D</b>  | Cristina Martínez Pérez      | L-M-J de 11:00 a<br>13:00   | crismp@ucm.es          | Despacho<br>229<br>(3ª planta)           |
|   | Laura Muñoz Muñoz            | M, X, V<br>de 11:00 a 13:00   | laura@nuc5.fis.ucm.es  | Despacho<br>229 (3ª<br>planta)           |
| <b>E</b>  | Luis Antonio Fernández Pérez | M y X: 14:30 – 16:30<br>J: 10:30 – 12:30  | laf@lattice.fis.ucm.es | Despacho 3<br>3ª Pl. Oeste               |
|   | Felipe Llanes Estrada        | M y X: 14:30 – 16:30<br>J: 10:30 – 12:30<br>J y V: 11:30 - 13:30 y<br>16:30 – 17:30     | flanes@fis.ucm.es      | Despacho 24<br>3ª Pl. Oeste              |
| <b>F</b>  | Francisco Navarro Lérida     | L:11:00-12:00h y<br>16:00-17:00<br>M: 11:00-12:30h<br>X: 11:00-12:30h y<br>16:00-17:00h | fnavarro@fis.ucm.es    | Despacho<br>226 (3ª<br>planta)           |
| <b>G</b>  | Artemio González López       | X: 14:30-16:00h<br>J: 14:30-17:00h<br>V: 14:30-16:30h                                   | artemio@ucm.es         | Despacho 29<br>(2ª planta,<br>ala oeste) |

**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.

**Resumen**

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.

**Asignaturas en cuyo desarrollo influye**

Esta asignatura tiene un carácter básico e influye en casi todas las asignaturas del grado. Como ejemplos cabe mencionar aquellas que incluyan contenidos de Ecuaciones Diferenciales, Mecánica, Electromagnetismo, Termodinámica, Física Estadística, Física Cuántica y Relatividad.

**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.

| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| 1. J.E.Marsden y A.J.Tromba, <i>Cálculo Vectorial</i> (5ª ed), Ed.Prentice Hall, 2007.<br>2. R.Larson, R.P.Hostetler y B.H.Edwards, <i>Cálculo II</i> (7ª ed), Ed. Pirámide, 2003. |
| <b>Recursos en Internet</b>  |
| Algunos grupos utilizarán el CAMPUS VIRTUAL  |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones (3 horas semanales en media)</li><li>• Clases prácticas de problemas (2 horas semanales en media)</li></ul> <p>Las clases se impartirán usando la pizarra y en ocasiones proyecciones con ordenador.</p> <p>Se suministrará a los estudiantes una colección de problemas con antelación a su resolución en la clase.</p> <p>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.</p> <p>Se suministrarán a los estudiantes exámenes de convocatorias previas.</p> <p>Se procurará que todo el material de la asignatura esté disponible para los alumnos a través de Internet, en particular en el Campus Virtual.</p> |



| <b>Evaluación</b>  |                 |     |
|--|-----------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso(*):</b> | 75% |
| <p>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 examen parcial. Será obligatorio obtener una calificación mayor o igual que 4 sobre 10 en el examen final para aprobar el curso.</p> <p>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:</p> $E = \max(F, 0.4 \cdot P + 0.6 \cdot F)$ |                 |     |
| <b>Otras actividades</b>   | <b>Peso(*):</b> | 25% |
| <p>En este apartado podrán valorarse algunas de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de problemas y ejercicios, individuales o en grupo, que podrán realizarse o ser resueltos durante las clases.</li> <li>• Pruebas adicionales, escritas u orales, siempre con carácter voluntario.</li> </ul> <p>La calificación obtenida en este apartado se tendrá en cuenta también en la convocatoria extraordinaria de septiembre.</p>  |                 |     |
| <b>Calificación final</b>  |                 |     |
| <p>La calificación final CF obtenida por el alumno se calcula aplicando la siguiente fórmula:</p> $CF = \max(E, 0.75 \cdot E + 0.25 \cdot A),$ <p>siendo E la nota de exámenes antes especificada, y A la calificación correspondiente a otras actividades en escala de 0-10.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>   |                 |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                  |                |                  |                  |        |
|--------------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Álgebra</b>   |                |                  | <b>Código</b>    | 800494 |
| <b>Materia:</b>                |                  | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Formación Básica | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teoría | Prácticos |
|---------------------------|-------|--------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 7.5   | 4.5    | 3         |
| <b>Horas presenciales</b> | 67.5  | 37.5   | 30        |

|                                  |                      |          |               |                  |       |
|----------------------------------|----------------------|----------|---------------|------------------|-------|
| <b>Profesor/a coordinador/a:</b> | Luis Martínez Alonso |          |               | <b>Dpto:</b>     | FT-II |
|                                  | <b>Despacho:</b>     | 32(FTII) | <b>e-mail</b> | luism@fis.ucm.es |       |

## Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado

| Grupo    | Aula | Día         | Horario   | Profesor  | Periodo/<br>Fechas             | Horas    | T/P*  | Dpto. |
|----------|------|-------------|---|---|--------------------------------|----------|-------|-------|
| <b>A</b> | 7    | M, X<br>J   | 10:30 - 12:00<br>10:30 - 12:30                  | Víctor Martín Mayor                                 | Todo el semestre               | 75       | T y P | FTI   |
| <b>B</b> | 8    | M<br>X<br>V | 9:30 - 11:00<br>9:00 - 11:00<br>11:00 - 12:30   | Luis Martínez Alonso                                | Todo el semestre               | 75       | T y P | FTII  |
| <b>C</b> | M3   | L           | 11:00 - 13:00                                   | Ángel Gómez Nicola                                  | 1/04/2017 al<br>02/06/2017     | 37.5     | T y P | FTII  |
|          |      | J<br>V      | 9:30 - 11:00<br>12:30 - 14:00                   | Piergiulio Tempesta                                 | 14/02/2017 al<br>31/03/2017    | 37.5     | T y P | FTII  |
| <b>D</b> | M3   | M<br>X<br>J | 16:30 - 18:00<br>17:00 - 19:00<br>16:30 - 18:00 | Ángel Gómez Nicola                                  | Todo el semestre               |          |       | FTII  |
| <b>E</b> | 8    | L<br>M<br>J | 14:30 - 16:00<br>15:00 - 16:30<br>15:30 - 17:30 | Luis Martínez Alonso                                | Todo el semestre               | 75       | T y P | FTII  |
| <b>F</b> | 7    | M, X        | 18:00 - 19:30                                   | Víctor Martín Mayor                                 | 14/02 a 16/03                  | 25       | T y P | FTI   |
|          |      | J           | 17:30 - 19:30                                   | Antonio Dobado González<br>Felipe J. Llanes Estrada | 17/03 a 27/04<br>28/04 a 02/06 | 25<br>25 |       |       |
| <b>G</b> | 4A   | L<br>J<br>V | 9:30 - 11:00<br>9:00 - 11:00<br>12:30 - 14:00   | José Ramón Peláez Sagredo                           | Todo el semestre               | 75       | T y P | FTII  |

\*: T:teoría, P:prácticas

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                           |  |                       |  |
|---|---------------------------|--|-----------------------|--|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>           | <b>horarios</b>  | <b>e-mail</b>         | <b>Lugar</b>                               |
| <b>A</b>  | Víctor Martín Mayor       | M, J: 12:00-13:00 y 14:00-15:00<br>X: 9:30-10:30 y 14:00-15:00       | vicmarti@ucm.es       | Despacho 4. Física Teórica I. (3ª planta)  |
| <b>B</b>  | Luis Martínez Alonso      | M: 11:00-13:00<br>X de 11:00 a 12:00<br>J: 13:30 – 15:30             | luism@fis.ucm.es      | Despacho 32 (FT II) Módulo oeste 2ª planta |
| <b>C</b>  | Ángel Gómez Nicola        | M y X : 10:00-13:00  | gomez@fis.ucm.es      | Despacho 14, 2ª Planta, Oeste              |
|   | Piergiulio Tempesta       | L: 10:00-11:00 y 14:00-15:00<br>M: 10:00 – 12:00<br>J: 11:00 – 13:00 | p.tempesta@fis.ucm.es | Despacho 30, planta 2 Oeste                |
| <b>D</b>  | Ángel Gómez Nicola        | M y X : 10:00-13:00  | gomez@fis.ucm.es      | Despacho 14, 2ª Planta, Oeste              |
| <b>E</b>  | Luis Martínez Alonso      | M: 11:00-13:00 y 14:00-16:00<br>J: 13:30 – 15:30                     | luism@fis.ucm.es      | Despacho 32 (FT II) Módulo oeste 2ª planta |
| <b>F</b>  | Antonio Dobado González   | M y J: 11:30 – 14:30   | malcon@fis.ucm.es     | Despacho 231.0 3ª planta                   |
|   | Víctor Martín Mayor       | M, X y J: 12:00 – 13:00 y 14:00 – 15:00                              | vicmarti@ucm.es       | Despacho 4. Física Teórica I. (3ª planta)  |
|   | Felipe Llanes Estrada     | J y V: 11:30 - 13:30 y 16:30 – 17:30                                 | flanes@fis.ucm.es     | Despacho 24, 3ª Pl. Oeste                  |
| <b>G</b>  | José Ramón Peláez Sagredo | M: 11:30-13:00<br>X: 11:00 – 13:00<br>J: 10: 30 – 13:00              | jrpelaez@ ucm.es      | Despacho 8 2ª Planta, Oeste                |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender los conceptos de espacio vectorial y espacio euclidiano.</li> <li>• Entender la noción de aplicación lineal, y desarrollar habilidades para su manejo en transformaciones geométricas, cambios de base y resolución de sistemas lineales.</li> <li>• Desarrollar las habilidades necesarias para la resolución de problemas de diagonalización de matrices y el cálculo de autovalores y autovectores.</li> </ul> |
| <b>Resumen</b>  |
| Espacios y Transformaciones lineales. Espacios euclidianos. Curvas de segundo grado.  |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
| Las matemáticas estudiadas en el bachillerato.  |
| <b>Asignaturas en cuyo desarrollo influye</b>   |
| Esta asignatura tiene un carácter básico e influye en todas las asignaturas del grado. En particular, es <b>imprescindible</b> para cursar la asignatura de Cálculo.  |

## Programa de la asignatura

### 1 PRELIMINARES

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

### 2 ESPACIOS VECTORIALES

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

### 3 APLICACIONES LINEALES, MATRICES Y DETERMINANTES

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

### 4 VALORES Y VECTORES PROPIOS

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

### 5 PRODUCTO ESCALAR

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

### 6 APLICACIONES LINEALES ENTRE ESPACIOS CON PRODUCTO ESCALAR

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

### 7 FORMAS BILINEALES Y CUADRÁTICAS

1. Formas bilineales y cuadráticas en espacios reales. Representación matricial. Cambio de base.

2. Reducción de formas cuadráticas a suma de cuadrados. Ley de inercia.
3. Formas cuadráticas reales factorizables.
4. Formas cuadráticas definidas positivas. Criterio de Sylvester.
5. Curvas planas definidas por polinomios de segundo grado. Cónicas

### Bibliografía

#### Básica

- R. Larson, B. H. Edwards, D. C. Falvo, *Álgebra Lineal*, Pirámide, 2004.
- D. C. Lay, *Álgebra Lineal y sus Aplicaciones*, Thomson, 2007.
- E. Hernández, *Álgebra y Geometría*, Addison Wesley/UAM, 1994.

#### 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.

### 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.

| <b>Evaluación</b>   |                 |     |
|---|-----------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso(*):</b> | 75% |
| <p>Se realizará un examen parcial, aproximadamente a mediados del semestre, y un examen final.</p> <p>Será obligatorio obtener una calificación mayor o igual que 4 sobre 10 en el examen final para aprobar el curso.</p> <p>Examen parcial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Versará sobre los contenidos explicados hasta esa fecha y su estructura será similar a la del examen final.</li> <li>- La calificación máxima del examen parcial supondrá el 40% del total de este apartado (exámenes).</li> <li>- Los contenidos evaluados en el examen parcial podrán volver a ser objeto de evaluación en el examen final.</li> </ul> <p>Examen final:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> </ul> <p>El examen final será común a todos los grupos en al menos un 60%.</p> |                 |     |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso(*):</b> | 25% |
| <p>Se tendrán en cuenta alguna o varias de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo en horario de clase o fuera del mismo.</li> <li>-Participación en clases, seminarios y tutorías.</li> <li>-Presentación, oral o por escrito, de trabajos.</li> <li>-Trabajos voluntarios.</li> </ul> <p>Cada una de ellas se puntuará de 0 a 10.</p>   |                 |     |
| <b>Calificación final</b>   |                 |     |
| <p>La calificación final (tanto en la convocatoria de junio como en la de septiembre) se obtendrá como el máximo entre la calificación del examen final y la suma ponderada de los dos apartados anteriores con los pesos especificados.</p>  |                 |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                  |                  |                |                   |                  |                    |     |
|--------------------------------|------------------|------------------|----------------|-------------------|------------------|--------------------|-----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Química</b>   |                  |                |                   | <b>Código</b>    | 800495             |     |
| <b>Materia:</b>                | Química          |                  | <b>Módulo:</b> | Formación Básica  |                  |                    |     |
| <b>Carácter:</b>               | Formación Básica |                  | <b>Curso:</b>  | 1º                | <b>Semestre:</b> | 1º                 |     |
| <b>Créd. ECTS:</b>             | 6                | <b>Teóricos:</b> | 3              | <b>Prácticos:</b> | 3                | <b>Presencial:</b> | 37% |

|  |                        |       |               |                      |    |
|--|------------------------|-------|---------------|----------------------|----|
| <b>Profesor/a coordinador/a:</b>             | Isabel Redondo Yélamos |       |               | <b>Dpto:</b>         | QF |
|  | <b>Despacho:</b>       | QA511 | <b>e-mail</b> | iredondo@quim.ucm.es |    |
| <b>Profesor/a coordinador/a Laboratorio:</b> | Ignacio Solá Reija     |       |               | <b>Dpto:</b>         | QF |
|  | <b>Despacho:</b>       | QA277 | <b>e-mail</b> | isola@quim.ucm.es    |    |

| Grupo    | Profesor                  | (*) | Dpto. | e-mail   |
|----------|---------------------------|-----|-------|--|
| <b>A</b> | Jesus Santamaría Antonio  | T/P | QF    | <a href="mailto:jsanta@quim.ucm.es">jsanta@quim.ucm.es</a>     |
| <b>B</b> | Ignacio Solá Reija        | T/P | QF    | <a href="mailto:isola@quim.ucm.es">isola@quim.ucm.es</a>       |
| <b>C</b> | M. Isabel Redondo Yélamos | T/P | QF    | <a href="mailto:iredondo@ucm.es">iredondo@ucm.es</a>           |
| <b>D</b> | Fernando Acción Salas     | T/P | QF    | <a href="mailto:faccion@ucm.es">faccion@ucm.es</a>             |
| <b>E</b> | Jesús Fernández Castillo  | T/P | QF    | <a href="mailto:jfernand@quim.ucm.es">jfernand@quim.ucm.es</a> |
| <b>F</b> | Laura Rodríguez Arriaga   | T/P | QF    | <a href="mailto:laurodri@ucm.es">laurodri@ucm.es</a>           |
| <b>G</b> | Miguel Ángel Raso García  | T/P | QF    | <a href="mailto:marg@quim.ucm.es">marg@quim.ucm.es</a>         |

| PROFESORES DE LABORATORIO POR GRUPOS |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Grupos de Mañana                     |                       |
| Concepción Pando García-Pumarino     | pando@quim.ucm.es     |
| Isaac Cuadra Mendoza                 | icuada@ucm.es         |
| Nerea Iza Cabo                       | nereaiza@quim.ucm.es  |
| Emilio Aicart Sospedras              | aicart@quim.ucm.es    |
| Grupos de Tarde                      |                       |
| Concepción Pando García-Pumarino     | pando@quim.ucm.es     |
| Ignacio Solá                         | isola@quim.ucm.es     |
| Oscar Rodriguez Montoro              | ormontoro@quim.ucm.es |
| Eduardo Enciso Rodriguez             | enciso@quim.ucm.es    |
| Ana Mateos Ana.                      | mateos@ucm.es         |
| Maria José Tenorio                   | mjtenori@ucm.es       |
| Sonia Marggi Poullain                | smarggi@ucm.es        |
| María Martinez Negro                 | mmnegro@ucm.es        |
| Nerea Iza Cabo                       | nereaiza@quim.ucm.es  |
| Luis Gonzalez MacDowell              | lmac@quim.ucm.es      |
| Miriam Peña Álvarez                  | mpalvarez@ucm.es      |
| Isabel Redondo Yélamos               | iredondo@ucm.es       |

*(Detalle de profesores por subgrupo pendiente de concretar)*



| Grupo    | Horarios de clases |               |      | Tutorías (horarios y lugar)  |
|----------|--------------------|---------------|------|--|
|          | Día                | Horas         | Aula |  |
| <b>A</b> | L                  | 12:00 – 13:30 | 7    | <u>Teoría y Problemas:</u><br>M de 11.00 a 13.00 horas.<br>Despacho QB-201   |
|          | J                  | 12:00 – 13:00 |      |  |
|          | V                  | 12:00 – 13:00 |      |  |
| <b>B</b> | M                  | 9:30 – 11:00  | 8    | <u>Teoría y Problemas:</u><br>L de 10.00 a 12.00 horas.<br>X de 15.00 a 17.00<br>J de 15 a 17.0<br>Despacho QB-203 |
|          | X                  | 11:00 – 13:00 |      |  |
| <b>C</b> | X                  | 9:30 – 11:00  | B14* | <u>Teoría y Problemas:</u><br>X y J: 13.30 - 17.30 h.<br>Despacho QA-511.  |
|          | J                  | 9:00 – 11:00  |      |  |
| <b>D</b> | L                  | 18:00 – 19:30 | B14* | <u>Teoría y Problemas:</u><br>L y X de 11 a 14 h.<br>Despacho QA-513   |
|          | M                  | 18:00 – 19:00 |      |  |
|          | J                  | 18:00 – 19:00 |      |  |
| <b>E</b> | M                  | 16:30 – 18:00 | 8    | <u>Teoría y Problemas:</u> ∴<br>L y V de 10:30 a 13:30<br>M, J : 11:00 – 13:00<br>Despacho QA-242.                 |
|          | X                  | 16:30 – 17:30 |      |  |
|          | J                  | 16:30 – 17:30 |      |  |
| <b>F</b> | X                  | 16:30 – 18:00 | 7    | <u>Teoría y Problemas</u><br>M, X, J de 11 a 13<br>Despacho QB-232   |
|          | J                  | 16:30 – 17:30 |      |  |
|          | V                  | 16:30 – 17:30 |      |  |
| <b>G</b> | L                  | 9:00 – 11:00  | 4A   | <u>Teoría y Problemas:</u><br>L: 11:30 – 14:30 y 18:30 – 19:30<br>J: 12:30 – 14:30.<br>Despacho QA-503.            |
|          | M                  | 12:30 – 14:00 |      |  |

(\*) Facultad de Matemáticas.

| Horarios de Laboratorios   |       |                              | Nº sesiones: 4 |
|--|-------|------------------------------|----------------|
| Grupos   | Turno | Días                         | Horas          |
| LA1 LA2 LA3  | A1    | Oct.: 17,24<br>Nov.: 4, 7    | 15:00 – 18:00  |
| LA4  | A2    | Oct.: 18, 25<br>Nov.: 11, 15 | 15:00 – 18:00  |
| LB1 LB2 LB3  | B1    | Oct.: 20, 27<br>Nov.: 3, 10  | 15:00 – 18:00  |
| LB4  | B2    | Nov.: 25, 22, 24, 29         | 15:00 – 18:00  |
| LC1 LC2  | C1    | Nov.: 16, 17, 28, 23         | 15:00 – 18:00  |
| LC3  | C2    | Dic.: 12, 14, 19, 21         | 15:00 – 18:00  |
| LD1 LD2 LD3  | D1    | Oct.: 19, 26<br>Nov.: 2, 10  | 9:30 – 12:30   |
| LD4  | D2    | Oct.: 20, 27<br>Nov.: 3, 11  | 9:30 – 12:30   |
| LE1  | E1    | Oct.: 17,24<br>Nov.: 4, 7    | 9:30 – 12:30   |
| LE2  | E2    | Nov.: 16, 23, 25, 28         | 9:30 – 12:30   |
| LF1 LF2  | F1    | Oct.: 18, 25<br>Nov.: 8, 15  | 9:30 – 12:30   |
| LF3  | F2    | Nov.: 17, 22, 24, 29         | 9:30 – 12:30   |
| LG1 LG2 LG3  | G1    | Oct.: 19, 26<br>Nov.: 2, 8   | 15:00 – 18:00  |
| LG4  | G2    | Nov.30<br>Dic:1, 13, 15      | 15:00 – 18:00  |
| <p>Observaciones:</p> <p>Sesiones: Un total de cuatro sesiones de tres horas cada una y un examen de 1 hora de duración.</p> <p>Lugar: Laboratorio Integrado de Experimentación en Química (Facultad de CC Químicas. Planta Baja: Lab. Química General )</p> |       |                              |                |

| <b>Fechas de exámenes</b>    |  |
|------------------------------|--|
| <b>Examen parcial</b>        | 18 noviembre, 9:00-12:00h  |
| <b>Examen de laboratorio</b> | <p>Grupos A y E: Diciembre (V) a las 13.00h</p> <p>Grupo B y D: Diciembre (V) a las 14:15h</p> <p>Grupos C y G: Enero (J) a las 14.15h</p> <p>Grupo F: Enero (J) a las 13.00h.</p> |
| <b>Exámenes finales</b>      | Consultar calendario en la web   |

| <b>Objetivos de la asignatura</b>  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender los conceptos generales de la Química.</li> <li>• Conocer los mecanismos más relevantes involucrados en las transformaciones químicas de la materia.</li> <li>• Familiarizarse con las principales estructuras químicas y con las nociones básicas de equilibrio químico, cinética y electroquímica.</li> <li>• Conocer y asimilar los aspectos de la química relacionados con la Física.</li> </ul> |
| <b>Breve descripción de contenidos</b>   |
| Reacciones químicas, , cinética química, equilibrio químico, electroquímica, enlace químico, química orgánica.   |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| Se recomienda haber cursado las asignaturas de Química, Física y Matemáticas durante el bachillerato.  |
| <b>Asignaturas en cuyo desarrollo influye</b>  |
| Termodinámica; Física de materiales; Física de la atmósfera; Física atómica y molecular...   |

| Programa teórico de la asignatura   |  | Sem*     |
|---|--|----------|
| 1. <b>Estequiometría.</b> 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. <b>Cinética química.</b> 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. <b>Fundamentos del equilibrio químico.</b> 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. <b>Equilibrio ácido-base.</b> Concepto de ácidos y bases. Escala de pH Fuerza de ácidos y bases.. Hidrólisis. Disoluciones reguladoras. Indicadores ácido-base. Valoraciones.  |  | 2.0      |
| 5. <b>Equilibrio de solubilidad.</b> Solubilidad y precipitación. Constante de producto de solubilidad. Efecto del ion común. Precipitación fraccionada. Disolución de precipitados.  |  | 1.0      |
| 6. <b>.Electroquímica.</b> 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. <b>.Estructura atómica.</b> Números cuánticos y orbitales atómicos. Configuración electrónica. La tabla periódica. Propiedades periódicas  |  | 1.0      |
| 8. <b>Enlace químico.</b> 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 O.M.. Enlace metálico. Fuerzas intermoleculares. Enlace iónico. Energía reticular. Ciclo de Born-Haber. Tipos de sólidos |  | 2.5      |
| 9. <b>Química orgánica.</b> 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        |

| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| <p><b>Básica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ R.H. Petrucci, W.S. Harwood y F.G. Herring, <i>Química General</i> (10ª ed.) Prentice Hall, Madrid 2011.</li> <li>▪ R. Chang, <i>Principios esenciales de Química General</i> (4ª ed.) McGraw-Hill Interamericana de España, Madrid 2006.</li> </ul> <p><b>Complementaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ R. Chang, <i>Fundamentos de química</i> (1ª ed.) McGraw-Hill Interamericana de México, México 2011.</li> <li>▪ R. Chang, <i>Química</i> (8ª ed.). McGraw-Hill Interamericana de México, México 2007.</li> <li>▪ J. Casabó, <i>Enlace Químico y Estructura de la Materia</i> (Reverté, 1996).</li> <li>▪ J. Keeler y P. Wothers, <i>Why chemical reactions happen</i> (Oxford University Press, 2003).</li> <li>▪ W. R. Peterson, <i>Introducción a la nomenclatura</i> (9ª edición), Reverté 2010.</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| Campus virtual   |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas para cada tema:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 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.</li> <li>▪ 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.</li> <li>▪ 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.</li> </ul> <p><b>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.</b></p> <p>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).</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>Un primer examen parcial compensatorio (NOTA <math>\geq 4</math>) y un segundo examen parcial o, alternativamente, un examen final.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>   |              |     |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación activa en actividades en clase como resolución de problemas, presentación de trabajos, etc. (10%)</li> <li>• 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.</li> </ul> |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>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 3.5 y tener aprobadas las prácticas de laboratorio (La nota de laboratorio se guarda dos cursos).</p>  |              |     |
| <b>CONVOCATORIA DE SEPTIEMBRE</b>   |              |     |
| <p>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 practicas pero figuran suspensas.</p>  |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                |                  |                     |
|--------------------------------|--|----------------|------------------|---------------------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Laboratorio de Computación Científica</b> |                | <b>Código</b>    | 800496              |
| <b>Materia:</b>                |  | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                     |
| <b>Carácter:</b>               | Formación Básica                             | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> 1º |

|                           | Total | Teóricos | Laboratorio |
|---------------------------|-------|----------|-------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 1        | 5           |
| <b>Horas presenciales</b> | 71    | 8.5      | 62.5        |

|                                  |  |                     |               |  |
|----------------------------------|--|---------------------|---------------|--|
| <b>Profesor/a coordinador/a:</b> | Rosa M. González Barras y Maurizio Mattesini |                     | <b>Dpto:</b>  | FTAA-I                                     |
|                                  | <b>Despacho:</b>                             | 106 y 104 4ª planta | <b>e-mail</b> | barras@fis.ucm.es<br>mmattesini@fis.ucm.es |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |                                    |      |        |  |
|--|------------------------------------|------|--------|--|
| Grupo  | Profesor                           | T/P* | Dpto.  | e-mail   |
| <b>A</b>   | Rosa M González Barras             | T/P  | FTAA-I | <a href="mailto:barras@fis.ucm.es">barras@fis.ucm.es</a>             |
| <b>B</b>   | María del Carmen Hernández Lucendo | T/P  | FTAA-I | <a href="mailto:geofmc@fis.ucm.es">geofmc@fis.ucm.es</a>             |
| <b>C</b>   | Maurizio Mattesini                 | T/P  | FTAA-I | <a href="mailto:mmattesini@fis.ucm.es">mmattesini@fis.ucm.es</a>     |
| <b>D</b>   | María Guijarro Mata-García         | T/P  | DACYA  | <a href="mailto:mguijarro@ucm.es">mguijarro@ucm.es</a>               |
| <b>E</b>   | Juan Jiménez Castellanos           | T/P  | DACYA  | <a href="mailto:juan.jimenez@fis.ucm.es">juan.jimenez@fis.ucm.es</a> |
| <b>F</b>   | Segundo Esteban San Román          | T/P  | DACYA  | <a href="mailto:segundo@dacya.ucm.es">segundo@dacya.ucm.es</a>       |
| <b>G</b>   | María del Carmen Hernández Lucendo | T/P  | FTAA-I | <a href="mailto:geofmc@fis.ucm.es">geofmc@fis.ucm.es</a>             |

\*: T:teoría, P:prácticas o problemas, L:laboratorios

| GRUPOS DE LABORATORIO |   |      |        |  |
|-----------------------|---|------|--------|--|
| Grupo                 | Profesor  | T/P* | Dpto.  | e-mail   |
| LA1                   | Rosa M González Barras  | L    | FTAA-I | <a href="mailto:barras@fis.ucm.es">barras@fis.ucm.es</a>   |
| LA2                   | Pablo Zurita Gotor  | L    | FTAA-I | <a href="mailto:pzurita@fis.ucm.es">pzurita@fis.ucm.es</a>   |
| LB1                   | Rosa M González Barras<br>(comienzo curso al 16/11/16)<br>José C Pérez Fuentes (del<br>21/11/16 a fin de curso)   | L    | FTAA-I | <a href="mailto:barras@fis.ucm.es">barras@fis.ucm.es</a><br><a href="mailto:josecper@ucm.es">josecper@ucm.es</a>   |
| LB2                   | Ana M Negredo Moreno<br>(comienzo curso al 16/11/16)<br>Elsa Mohino Harris (del<br>21/11/16 a fin de curso)       | L    | FTAA-I | <a href="mailto:anegredo@fis.ucm.es">anegredo@fis.ucm.es</a><br><a href="mailto:emohino@ucm.es">emohino@ucm.es</a> |
| LC1                   | Belén Rodríguez Fonseca   | L    | FTAA-I | <a href="mailto:brfonsec@fis.ucm.es">brfonsec@fis.ucm.es</a>   |
| LC2                   | Maurizio Mattesini  | L    | FTAA-I | <a href="mailto:mmattesi@fis.ucm.es">mmattesi@fis.ucm.es</a>   |
| LD1                   | María Guijarro Mata-García  | L    | DACyA  | <a href="mailto:mguijarro@ucm.es">mguijarro@ucm.es</a>   |
| LD2                   | Daniel Angel Chaver Martinez  | L    | DACyA  | <a href="mailto:dani02@dacya.ucm.es">dani02@dacya.ucm.es</a>   |
| LE1                   | Juan Jiménez Castellanos  | L    | DACyA  | <a href="mailto:juan.jimenez@fis.ucm.es">juan.jimenez@fis.ucm.es</a>   |
| LE2                   | María Guijarro Mata-García  | L    | DACyA  | <a href="mailto:mguijarro@ucm.es">mguijarro@ucm.es</a>   |
| LF1                   | Segundo Esteban San Román   | L    | DACyA  | <a href="mailto:segundo@dacya.ucm.es">segundo@dacya.ucm.es</a>   |
| LF2                   | Jose Ignacio Gómez Perez  | L    | DACyA  | <a href="mailto:jigomez@dacya.ucm.es">jigomez@dacya.ucm.es</a>   |
| LG1                   | María del Carmen Hernández Lucendo  | L    | FTAA-I | <a href="mailto:geofmc@fis.ucm.es">geofmc@fis.ucm.es</a>   |
| LG2                   | Pablo Zurita Gotor<br>(comienzo curso al 18/11/16)<br>Francisco J Pavón Carrasco<br>(del 21/11/16 a fin de curso) | L    | FTAA-I | <a href="mailto:pzurita@ucm.es">pzurita@ucm.es</a><br><a href="mailto:fjpavon@fis.ucm.es">fjpavon@fis.ucm.es</a>   |



| Grupo    | Horarios de clases |                 |      | Tutorías  |
|----------|--------------------|-----------------|------|---|
|          | Día                | Horas           | Aula |   |
| <b>A</b> | Martes             | 12h a13h        | 7    | Prof. Rosa M. González Barras X y J de 12h00 a 13h30 Despacho 106. Cuarta planta.   |
| <b>B</b> | Jueves             | 13h a14h        | 8    | Prof. M. Carmen Hernández Lucendo<br>Miércoles de 16:00 a 17:00<br>Jueves de 15:00 a 16:00<br>Viernes de 16:00 a 17:00 Despacho 108. Cuarta planta. |
| <b>C</b> | Lunes              | 13h a14h        | B14* | Prof. Maurizio Mattesini<br>L y X de 15h00 a 17h00<br>Despacho 104, Cuarta planta.  |
| <b>D</b> | Miércoles          | 18h a19h        | B14* | Prof. María Guijarro Mata-García<br>L de 12h00 a 14h00 y J de 10h a 12h<br>Despacho 230. Segunda planta.  |
| <b>E</b> | Lunes              | 16:30h a 17:30h | 8    | Prof: Juan Jiménez Castellanos<br>X de 9h30 a 12h30.<br>Despacho 233c. Segunda planta   |
| <b>F</b> | Martes             | 16:30h a 17:30h | 7    | Prof: Segundo Esteban San Román<br>M de 14h30 a 16h30,<br>X de 11h00 a 12h00<br>Despacho 236. Segunda planta.                                       |
| <b>G</b> | Viernes            | 12h a13h        | 4A   | Prof. M. Carmen Hernández Lucendo<br>Miércoles de 16:00 a 17:00<br>Jueves de 15:00 a 16:00<br>Viernes de 16:00 a 17:00 Despacho 108. Cuarta planta. |

(\*)Facultad de Matemáticas

| <b>Objetivos de la asignatura</b>   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Conocer las posibilidades del computador como herramienta de cálculo y de análisis de medidas experimentales.</li><li>• Aprender a usar herramientas informáticas útiles para la resolución de problemas físicos e ilustrar conceptos de matemáticas.</li><li>• Aprender estructuras básicas de programación de propósito general.</li><li>• Conocer, programar y manejar algoritmos elementales de cálculo numérico.</li></ul> |

| <b>Breve descripción de contenidos</b>   |
|--|
| Introducción a la programación. Representaciones gráficas. Aplicaciones a problemas físicos.   |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| Manejo elemental de un ordenador personal.   |
| <b>Asignaturas en cuyo desarrollo influye</b>  |
| 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<br>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. |

**Programa teórico de la asignatura****Tema 1: Introducción a la computación científica**

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

**Tema 2: Aritmética de un computador**

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

**Tema 3: Ajuste e interpolación de datos**

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

**Tema 4: Raíces de una función**

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

**Tema 5: Sistemas de ecuaciones lineales**

- Métodos directos
- Métodos iterativos

**Tema 6: Diferenciación e integración**

- Diferenciación numérica por diferencias finitas
- Integración numérica

**Distribución temporal del contenido teórico**

- Tema 1: 1 clase
- Tema 2: 2 clases
- Tema 3: 2 horas
- Tema 4: 1 hora
- Tema 5: 2 horas
- Tema 6: 2 clases

| Programa de laboratorio   | Sesiones |
|---|----------|
| Práctica 1: Introducción a Matlab/Octave <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entorno de programación</li> <li>• Funciones internas</li> <li>• Variables y operadores</li> <li>• Bucles y condicionales</li> <li>• Creación de funciones y scripts</li> <li>• Representación gráfica</li> </ul> | 11       |
| Práctica 2: Ajuste e interpolación de datos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos globales de interpolación</li> <li>• Métodos locales de interpolación</li> <li>• Ajuste por mínimos cuadrados</li> </ul>   | 4        |
| Práctica 3: Raíces de una función   | 5        |
| Práctica 4: Sistemas de ecuaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos directos</li> <li>• Métodos iterativos</li> <li>• Análisis de convergencia</li> </ul>   | 5        |
| Práctica 5: Diferenciación e integración  | 3        |
| Práctica 6: Cálculo simbólico   | 2        |

| Bibliografía básica  |
|--|
| <p><b>Básica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kincaid, D. y Cheney, W. (1994). <i>Análisis numérico</i>. Ed. Addison-Wesley.</li> <li>▪ John H. Mathews, Kurtis D. Fink (2005) <i>Métodos numéricos con Matlab</i>. Prentice Hall.</li> <li>▪ <i>Introducción informal a Matlab y octave</i> <a href="https://forja.rediris.es/projects/iimyo/">https://forja.rediris.es/projects/iimyo/</a></li> <li>▪ Jiménez, J. (2014). <i>Laboratorio de Computación Científica</i>, e-prints-UCM. <a href="http://eprints.sim.ucm.es/21710/">http://eprints.sim.ucm.es/21710/</a></li> </ul> <p><b>Complementaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuales de Matlab y Octave disponibles en pdf por los profesores de la asignatura</li> <li>• Stormy Attaway, (2009). <i>Matlab: A practical introduction to programming and problem solving</i>. Ed Butterwrth-Heinemann (Elsevier)</li> <li>• Dianne P. O’Leary, (2009). <i>Scientific Computing with case studies</i>. Ed. SIAM</li> </ul> |

| <b>Recursos en internet</b>     |
|---------------------------------|
| Asignatura en el CAMPUS VIRTUAL |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>La asignatura tiene un contenido eminentemente práctico.</p> <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Clases de laboratorio: Consistirán en la realización de prácticas dirigidas.</li> </ul> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> </ul> <p>En las clases de laboratorio cada alumno dispondrá de un ordenador para la realización de sus prácticas de manera individual.</p> <p>Los alumnos podrán acudir a sesiones de tutoría individualmente o por grupos en los horarios establecidos.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 40% |
| Se realizará un examen teórico-práctico en la convocatoria de febrero y en la convocatoria de septiembre. El examen constará de preguntas teóricas o problemas y ejercicios prácticos para realizar en el ordenador, similares a los estudiados en las prácticas. |              |     |
| <b>Prácticas de laboratorio</b>   | <b>Peso:</b> | 60% |
| Se calificarán los resultados obtenidos de la realización de las prácticas de laboratorio mediante la realización de tests 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 en las clases prácticas son imprescindibles para poder aprobar la asignatura.  |              |     |

**Calificación final**

Calificación del examen: 40% de la calificación final de la asignatura.

Calificación de laboratorio: 60% de la calificación final de la asignatura.

Siendo la asignatura eminentemente práctica, la calificación de laboratorio ponderará la nota final tanto en la primera (febrero) como en la segunda (septiembre) convocatoria de la asignatura.

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 2016-17)

|                                |                                |                |                  |                  |        |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Laboratorio de Física I</b> |                |                  | <b>Código</b>    | 800497 |
| <b>Materia:</b>                |                                | <b>Módulo:</b> | Formación Básica |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Formación Básica               | <b>Curso:</b>  | 1º               | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Laboratorio |
|---------------------------|-------|----------|-------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 1        | 5           |
| <b>Horas presenciales</b> | 71    | 8.5      | 62.5        |

|                                  |                              |     |               |                     |      |
|----------------------------------|------------------------------|-----|---------------|---------------------|------|
| <b>Profesor/a coordinador/a:</b> | José Luis Contreras González |     |               | <b>Dpto:</b>        | FAMN |
|                                  | <b>Despacho:</b>             | 217 | <b>e-mail</b> | contrera@gae.ucm.es |      |

| Grupo    | Profesor de Teoría (12 h.) | Dpto.   | e-mail                 |
|----------|----------------------------|---------|------------------------|
| <b>A</b> | José Luis Contreras        | FAMN    | jlcontreras@fis.ucm.es |
| <b>B</b> | Elsa Mohino                | FTAA-I  | emohino@fis.ucm.es     |
| <b>C</b> | Francisco Valero           | FTAA-II | valero@fis.ucm.es      |
| <b>D</b> | Carlos León                | F-MAT   | carlos.leon@fis.ucm.es |
| <b>E</b> | Marcos López Moya          | FAMN    | marcos@gae.ucm.es      |
| <b>F</b> | Carlos León                | F-MAT   | carlos.leon@fis.ucm.es |
| <b>G</b> | Natalia Calvo              | FTAA-II | nataliac@fis.ucm.es    |

| Grupo | Profesor de Laboratorio          | Dpto.   | e-mail                    |
|-------|----------------------------------|---------|---------------------------|
| LA    | José Luis Contreras (49.0 h)     | FAMN    | jlcontreras@fis.ucm.es    |
|       | Luis Dinis (49.0 h)              | FAMN    | ldinis@ucm.es             |
|       | Mario Octavio Cotilla (49.0 h)   | FTAA-   | macot@fis.ucm.es          |
| LB    | Elsa Mohino (49.0 h)             | FTAA-I  | emohino@fis.ucm.es        |
|       | Fátima Martín (49.0 h)           |         | fatima@fis.ucm.es         |
|       | Ana Negredo (49.0 h)             |         | anegredo@fis.ucm.es       |
| LC    | Francisco Valero (49.0 h)        | FTAA-II | valero@fis.ucm.es         |
|       | Armando Gil de Paz (24.5 h)      |         | agil@fis.ucm.es           |
|       | Natalia Calvo (24.5 h)           |         | nataliac@fis.ucm.es       |
|       | Luis Durán Montejano (49.0 h)    |         | luisduran@fis.ucm.es      |
| LD    | Carlos León (24.5 h)             | F-MAT   | carlos.leon@fis.ucm.es    |
|       | Alberto Rivera (24.5 h)          |         | alberto.rivera@fis.ucm.es |
|       | Norbert Nemes (49.0 h)           |         | nmnemes@fis.ucm.es        |
|       | Zouhair Sefrioui (49.0 h)        |         | sefrioui@fis.ucm.es       |
| LE    | Marcos López (49.0 h)            | FAMN    | marcos@gae.ucm.es         |
|       | Laura Muñoz (49.0 h)             |         | lmunoz@ucm.es             |
| LF    | Carlos León (24.5 h)             | F-MAT   | carlos.leon@fis.ucm.es    |
|       | Alberto Rivera (24.5 h)          |         | alberto.rivera@fis.ucm.es |
|       | Norbert Nemes (49.0 h)           |         | nmnemes@fis.ucm.es        |
| LG    | Natalia Calvo (49.0 h)           | FTAA-II | nataliac@fis.ucm.es       |
|       | Elisa de Castro (49.0 h)         |         | elisacas@fis.ucm.es       |
|       | Javier Gorgas (24.5 h)           |         | jpgorgas@fis.ucm.es       |
|       | Belén Alcalde Pampliega (24.5 h) |         | belenalc@ucm.es           |



| Grupo | Profesor del Laboratorio de Análisis de datos (6 h) | Dpto.   | e-mail                    |
|-------|---|---------|---------------------------|
| LA    | José Luis Contreras<br>Laura Muñoz                  | FAMN    | jlcontreras@fis.ucm.es    |
|       |   |         | lmunoz@ucm.es             |
| LB    | Elsa Mohino<br>Fátima Martín                        | FTAA-I  | emohino@fis.ucm.es        |
|       |   |         | fatima@fis.ucm.es         |
| LC    | Francisco Valero<br>Sergio Fernández González       | FTAA-II | valero@fis.ucm.es         |
|       |   |         | sefern04@ucm.es           |
| LD    | Carlos León<br>Rainer Schmidt                       | FA-III  | carlos.leon@fis.ucm.es    |
|       |   |         | rainer.schmidt@fis.ucm.es |
| LE    | Marcos López  | FAMN    | marcos@gae.ucm.es         |
| LF    | Carlos León   | FA-III  | carlos.leon@fis.ucm.es    |
| LG    | Natalia Calvo<br>Manuel Zarco Moreno                | FTAA-II | nataliac@fis.ucm.es       |
|       |   |         | manzarco@ucm.es           |

| Grupo | Horarios de Teoría |             |      | Nº Sesiones   | 8 |
|-------|--------------------|-------------|------|---|---|
|       | Día                | Horas       | Aula | Tutorías  |   |
| A     | L                  | 10:30-12:00 | 7    | J.L. Contreras Centro, 3ª Plta 217<br>L: 12-14 / X: 10:00-13:00 y 14:00-15:00 |   |
| B     | J                  | 13:00-14:30 | 8    | E.Mohino Centro, 4ª Plta. 214<br>M: 11:30-13:00, 14:00-15:00                  |   |
| C     | L                  | 13:00-14:30 | M3   | F. Valero Centro, 4ª Plta.227<br>L 14:30:16:30                                |   |
| D     | L                  | 16:00-17:30 | M3   | C. Leon<br>L:11:00-14:00 / M, J: 15:00-16:30                                  |   |
| E     | X                  | 18:00-19:30 | 8    | M. López Centro, 3ª Plta 219<br>M:14:00-17:00                                 |   |
| F     | X                  | 16:30-18:00 | 7    | C. Leon<br>L:11:00-14:00 / M, J: 15:00-16:30                                  |   |
| G     | M                  | 13:00-14:30 | 4A   | N. Calvo Ala Oeste Baja 11<br>L : 10:00:13:00 / X:15:00-16:00                 |   |

| Grupo | Horarios del Laboratorio Análisis de Datos |             |                        | Nº Sesiones         | 4 |
|-------|--|-------------|------------------------|---------------------|---|
|       | Día  | Horas       | Fechas <sup>1</sup>    | Aula                |   |
| A     | L  | 10:30-12:00 | 27/2, 6/3, 20/3, 27/3  | Aula de Informática |   |
| B     | J  | 13:00-14:30 | 23/2, 2/3, 16/3, 23/3  |                     |   |
| C     | L  | 13:00-14:30 | 27/2, 6/3, 20/3, 27/3  |                     |   |
| D     | L  | 16:00-17:30 | 27/2, 6/3, 20/3, 27/3  |                     |   |
| E     | X  | 18:00-19:30 | 22/2, 1/3, 15/3, 22/3  |                     |   |
| F     | X  | 16:30-18:00 | 22/2, 1/3, 15/3, 22/3  |                     |   |
| G     | M  | 13:00-14:30 | 21/2, 28/2, 14/3, 21/3 |                     |   |

1 ) Los días en que haya sesiones de Laboratorio de Análisis de Datos no habrá sesión de teoría, se trata de actividades excluyentes.

| Grupo | Horarios de Laboratorios |                          |   | Nº  | 13 |
|-------|--------------------------|--------------------------|---|---|----|
|       | Día                      | Horas                    | Laboratorio   | Comentarios   |    |
| LA    | X                        | 15:00-18:30              | Laboratorio de Física General.<br>Planta Sótano centro,<br>Facultad de Ciencias Físicas | 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.<br>Se dedicará parte de la sesión a la discusión en grupos pequeños de los resultados obtenidos y memorias entregadas en la sesión previa.<br>Existirán tutorías con los profesores de laboratorio. |    |
| LB    | V                        | 14:00-17:30 <sup>1</sup> |   |   |    |
| LC    | J                        | 14:30-18:00              |   |   |    |
| LD    | X                        | 11:00-14:30              |   |   |    |
| LE    | J                        | 11:00-14:30              |   |   |    |
| LF    | M                        | 10:30-14:00              |   |   |    |
| LG    | L                        | 14:30-18:00              |   |   |    |

(1) De forma excepcional los días 10/3/2017 y 24/03/2017 el horario del Laboratorio de este grupo será de 14:30-18:00

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Aprender a elaborar informes relativos a los procesos de medida y el análisis de resultados.</li> <li>• 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.</li> </ul> |
| <b>Resumen</b>   |
| Laboratorio de Física general. Naturaleza y medida de los fenómenos físicos. Unidades. Tratamiento de datos. Cálculo de errores.   |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| Física general a nivel de Bachillerato.<br>Se recomienda haber cursado la asignatura Laboratorio de Computación.   |
| <b>Asignaturas en cuyo desarrollo influye</b>  |
| Asignaturas de laboratorio de Cursos superiores.<br>Fundamentos de Física II. Estadística y Análisis de Datos.   |

| <b>Programa teórico de la asignatura</b>  |
|---|
| <p>Comprende un total de 8 sesiones de 1,5 horas, agrupadas en 5 temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Medidas:</b> Unidades. Tipos de medidas. Error e incertidumbre. Incertidumbre sistemática. Incertidumbre aleatoria. Estimación de incertidumbres. Presentación de resultados.</li> <li>• <b>Tratamiento de datos.</b> Regresión lineal. Media ponderada. Interpolación lineal. Elaboración de memorias.</li> <li>• <b>Estadística descriptiva.</b> Datos discretos y continuos. Frecuencia. Frecuencia acumulada. Histogramas.</li> <li>• <b>Variable aleatoria.</b> Concepto. Densidad de probabilidad. Medidas características de una variable aleatoria: media, varianza.</li> <li>• <b>Distribuciones de probabilidad.</b> Distribuciones discretas y continuas. Distribución uniforme, Normal, <i>t de Student</i>. Estimación de parámetros.</li> </ul> |

| Programa del laboratorio  | Sesiones |
|---|----------|
| <b>0. Introducción.</b> Análisis de datos.  | 1        |
| <b>1. Mecánica.</b> Péndulo Simple. Péndulo de Torsión Medida del coeficiente de tensión superficial.   | 3        |
| <b>2. Termodinámica.</b> Equivalente mecánico del calor.  | 1        |
| <b>3. Electricidad y magnetismo.</b> Puente de hilo. Curva característica de una lámpara. Manejo del Osciloscopio. Corriente alterna: circuito RC. Medida de campos magnéticos.                   | 5        |
| <b>4. Óptica.</b> Determinación de índices de refracción. Potencia de lentes.   | 2        |
| <b>5. Estructura de la materia</b> Medida de la relación carga/masa del electrón.   | 1        |
| <b>6. Recuperación de prácticas.</b>  | 1        |
| <b>Análisis de datos con hojas de cálculo.</b> Regresión lineal. Creación de histogramas. Gráficas. Módulo de análisis de datos. (impartidas en Aula de Informática) Serán sesiones de 1,5 horas. | 4        |

### Bibliografía básica

#### Básica

3. Apuntes de la asignatura disponibles en la página web.
4. *Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias*, J. Gorgas, N. Cardiel y J. Zamorano (disponible en el Campus Virtual de la asignatura).
5. *Practical Physics*. G.L. Squires. Ed. Cambridge University Press., 2001.

#### Complementaria

- *Análisis de Errores*. C. Sánchez del Río. Ed. Eudema 1989.
- *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.
- *Probabilidad y Estadística*. R. E. Walpole, R.H. Myers. E. McGraw Hill 2005.

### 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.

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>La asignatura consta de clases teóricas, sesiones de laboratorio y de informática.</p> <p>Las clases teóricas constarán de exposiciones del profesor, con proyección de diapositivas y realización de ejercicios.</p> <p>En 14 sesiones de laboratorio (de 3.5 horas cada una) se realizarán, o recuperarán, de forma individual, prácticas guiadas, con un guión 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.</p> <p>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.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |      |
|---|--------------|------|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 30%  |
| Examen teórico-práctico al final del cuatrimestre.  |              |      |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | 70 % |
| <p>Realización de prácticas en el laboratorio y en el aula de informática. Ejercicios para entregar.</p> <p>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.</p>  |              |      |
| <b>Calificación final</b>   |              |      |
| <p>Para aprobar la asignatura, será necesario haber realizado todas las prácticas y entregado los resultados.</p> <p>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.</p> <p>Las notas de las actividades se guardan para la convocatoria de Septiembre, en la que se ofrecerá, asimismo, la posibilidad de completar las prácticas no realizadas durante el curso.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |      |

### **3. Fichas de las Asignaturas de Segundo Curso**



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                         |                |                   |                  |    |
|--------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Mecánica Clásica</b> | <b>Código</b>  | 800498            |                  |    |
| <b>Materia:</b>                | Física Clásica          | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio             | <b>Curso:</b>  | 2º                | <b>Semestre:</b> | 1º |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 7.5   | 4.5      | 3         |
| <b>Horas presenciales</b> | 67.5  | 37       | 30.5      |

|                                  |                                  |               |                  |  |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------|------------------|--|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Francisco Javier China Trujillo  | <b>Dpto:</b>  | FT-II            |  |
|                                  | <b>Despacho:</b> 31 2ª PL, Oeste | <b>e-mail</b> | china@fis.ucm.es |  |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |               |  |                                 |                  |       |      |       |
|---|------|---------------|--|---------------------------------|------------------|-------|------|-------|
| Grupo   | Aula | Día           | Horario                                    | Profesor                        | Periodo/Fechas   | Horas | T/P* | Dpto. |
| <b>A</b>  | 9    | L<br>J<br>V   | 09:00-10:30<br>10:30-12:00<br>09:00-11:00  | Enrique Alfonso Maciá Barber    | Todo el semestre | 75    | T/P  | FM    |
| <b>B</b>  | 11   | L<br>X<br>J   | 10:30-12:00<br>09:00-11:00<br>09:00-10:30  | Amador Álvarez Alonso           | Todo el semestre | 75    | T/P  | FTI   |
| <b>C</b>  | 9    | M*<br>J<br>V  | 18:00-19:30*<br>15:00-16:30<br>15:00-17:00 | Enrique Alfonso Maciá Barber    | Todo el semestre | 75    | T/P  | FM    |
| <b>D</b>  | 11   | L<br>X<br>V   | 16:30-18:30<br>16:30-18:00<br>17:00-18:30  | José Ramón Peláez Sagredo       | Todo el semestre | 75    | T/P  | FTII  |
| <b>E</b>  | 10   | M<br>X<br>V   | 09:00-10:30<br>09:00-10:30<br>10:30-12:30  | Antonio López Maroto            | Todo el semestre | 75    | T/P  | FTI   |
| <b>F</b>  | 10   | M<br>X*<br>J* | 16:30-18:00<br>18:00-20:00<br>16:30-18:00  | Francisco Javier China Trujillo | Todo el semestre | 75    | T/P  | FTII  |

(\* ) En el grupo C la clase de los martes pasará a los lunes 15:00-16:30 a partir de la 5ª semana. El grupo F también sufre un pequeño reajuste. En ambos casos ver detalles en cuadro horario al final de la guía.

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                                 |  |                      |                                 |
|---|---------------------------------|--|----------------------|---------------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>                 | <b>horarios</b>  | <b>e-mail</b>        | <b>Lugar</b>                    |
| <b>A</b>  | Enrique Alfonso Maciá Barber    | L: 10:30-12:00<br>M: 14:30-17:30<br>V: 11:00-12:30     | emaciaba@ ucm.es     | Despacho 104<br>2ª Planta, Este |
| <b>B</b>  | Amador Álvarez Alonso           | L: 12:00 -13:00 y<br>15:30 - 18:30<br>X: 11:00 - 13:00 | aalvarez@ fis.ucm.es | Despacho 12<br>3ª Planta, Oeste |
| <b>C</b>  | Enrique Alfonso Maciá Barber    | L: 10:30-12:00<br>M: 14:30-17:30<br>V: 11:00-12:30     | emaciaba@ ucm.es     | Despacho 104<br>2ª Planta, Este |
| <b>D</b>  | José Ramón Peláez Sagredo       | M y X: 10:00-13:00                                     | jrpelaez@fis.ucm.es  | Despacho 8<br>2ª Oeste          |
| <b>E</b>  | Antonio López Maroto            | M: 15:00 a 17:00<br>X y J: 11:00 a 13:00               | maroto@ucm.es        | Despacho 14<br>FT-I             |
| <b>F</b>  | Francisco Javier China Trujillo | M 18:00-20:30<br>X 16:30-18:00<br>J 18:00-20:00        | china@ fis.ucm.es    | Despacho 31<br>2ª planta, Oeste |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Saber utilizar las leyes de conservación en el estudio del movimiento de un sistema mecánico.</li> <li>• Saber analizar los distintos tipos de órbitas de una partícula en un campo newtoniano.</li> <li>• Conocer la cinemática y dinámica del sólido rígido.</li> <li>• Profundizar en el conocimiento de los fundamentos de la relatividad especial.</li> </ul> |
| <b>Resumen</b>   |
| 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.   |



| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
|--|
| Cálculo, álgebra lineal, álgebra y cálculo vectoriales, fundamentos de Física I                                  |
| <b>Asignaturas en cuyo desarrollo influye</b>  |
| En la mayor parte de las asignaturas del Grado, entre las que cabe destacar Física Estadística y Física Cuántica |

| <b>Programa de la asignatura</b>  |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Recapitulación de la formulación newtoniana</b><br/>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.</li> <li><b>2. Sistemas de referencia no inerciales</b><br/>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.</li> <li><b>3. Mecánica analítica</b><br/>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.</li> <li><b>4. El problema de los dos cuerpos. Fuerzas centrales</b><br/>Reducción al problema equivalente de un cuerpo. Ecuaciones del movimiento. Constantes del movimiento. El problema de Kepler. Dispersión en un campo de fuerzas central.</li> <li><b>5. Sólido rígido</b><br/>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.</li> <li><b>6. Relatividad especial</b><br/>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</li> </ol> |

| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• P. French, <i>Relatividad Especial</i>, Reverté, 1974.</li> <li>• F. R. Gantmájér, <i>Mecánica Analítica</i>, URSS, 2003.</li> <li>• H. Goldstein, <i>Mecánica Clásica</i> (2ª edición), Reverté, 1987. (H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, <i>Classical Mechanics</i>, 3rd Edition, Addison Wesley, 2002).</li> <li>• C. Kittel, W.D. Knight, M.A. Ruderman: <i>Mecánica</i> (vol.1 Curso de Física de Berkeley), Reverté, 1968 (McGraw-Hill, 1965)</li> <li>• L. D. Landau, E. M. Lifshitz, <i>Mecánica</i> (Curso de Física Teórica, vol. 1), Reverté, 1970.</li> <li>• J. B. Marion, <i>Dinámica Clásica de Partículas y Sistemas</i>, Reverté, 1975. (S. T. Thornton, J. B. Marion, <i>Classical Dynamics of Particles and Systems</i>, 5th edition, Brooks/Cole, 2004).</li> <li>• A. Rañada, <i>Dinámica Clásica</i> (2ª ed.), Alianza, 1994.</li> <li>• W. Rindler, <i>Introduction to Special Relativity</i>. Oxford, 1991.</li> <li>• F. A. Scheck, <i>Mechanics: From Newton's Laws to Deterministic Chaos</i>, 4th edition, Springer, 2005.</li> <li>• J. R. Taylor, <i>Mecánica Clásica</i>, Reverté, 2013. (J. R. Taylor, <i>Classical Mechanics</i>, University Science Books, 2005).</li> </ul> <p>E. F. Taylor, J. A. Wheeler, <i>Spacetime Physics</i>, Freeman, 1992.</p> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| Campus Virtual UCM   |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones en las que primero se explicarán los conceptos teóricos fundamentales y a continuación se ilustrarán dichos conceptos con ejemplos y aplicaciones</li> <li>• Clases prácticas de resolución de ejercicios</li> </ul> <p>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.</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| Calificación obtenida en el examen final de la asignatura.   |              |     |
| <b>Otras actividades</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>En este apartado se valorarán algunas de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual</li> <li>• Pruebas escritas individuales realizadas durante las clases</li> <li>• Presentación de trabajos</li> </ul>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>La calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la siguiente fórmula:</p> $CF = \max(E, 0.7 E + 0.3 A),$ <p>siendo E y A respectivamente las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores, ambas en la escala 0–10.</p> <p>La calificación obtenida en el apartado <b>Otras actividades</b> en la convocatoria ordinaria será mantenida en la correspondiente convocatoria extraordinaria.</p> |              |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                      |                |                   |                  |        |
|--------------------------------|----------------------|----------------|-------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Termodinámica</b> |                |                   | <b>Código</b>    | 800499 |
| <b>Materia:</b>                | Física Clásica       | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio          | <b>Curso:</b>  | 2º                | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 7.5   | 4.5      | 3         |
| <b>Horas presenciales</b> | 67.5  | 37       | 30.5      |

|                                  |                                  |     |               |  |
|----------------------------------|----------------------------------|-----|---------------|--|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | José María Ortiz de Zárate Leira |     | <b>Dpto:</b>  | FA-I   |
|                                  | <b>Despacho:</b>                 | 112 | <b>e-mail</b> | <a href="mailto:jmortizz@fis.ucm.es">jmortizz@fis.ucm.es</a> |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |      |             |   |                                       |   |       |       |       |
|--|------|-------------|---|---------------------------------------|---|-------|-------|-------|
| Grupo  | Aula | Día         | Horario                                   | Profesor                              | Periodo/<br>Fechas  | Horas | T/P*  | Dpto. |
| <b>A</b>   | 9    | L<br>M<br>X | 10:30-12:00<br>10:30-12:00<br>10:00-12:00 | Juan Pedro García Villaluenga         | Todo el semestre  | 75    | T y P | FAI   |
| <b>B</b>   | 11   | L<br>M<br>V | 9:00-10:30<br>9:00-10:30<br>9:00-11:00    | José María Ortiz de Zárate Leira      | Todo el semestre  | 75    | T y P | FAI   |
| <b>C</b>   | 9    | L<br>X<br>J | 16:30-18:30<br>16:30-18:00<br>16:30-18:00 | M <sup>a</sup> del Carmen García Payo | Todo el semestre  | 75    | T y P | FAI   |
| <b>D</b>   | 11   | L<br>M<br>V | 15:00-16:30<br>15:00-16:30<br>15:00-17:00 | Mohamed Khayet Souhaimi               | Todo el semestre (Excepto clases problemas por Loreto García Fernández) | 55    | T     | FAI   |
|  |      |             |   | Loreto García Fernández               | Según necesidad del temario   | 20    | P     |       |
| <b>E</b>   | 10   | L<br>M<br>X | 10:30-12:30<br>10:30-12:00<br>10:30-12:00 | V. María Barragan García              | Todo el semestre  | 75    | T y P | FAI   |

\*: T:teoría, P:prácticas,

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                                       |                                  |                      |                                   |
|---|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>                       | <b>horarios</b>                  | <b>e-mail</b>        | <b>Lugar</b>                      |
| <b>A</b>  | Juan Pedro García Villaluenga         | L: 12:00-13:30<br>X: 12:30-14:00 | jpgarcia@ucm.es      | Despacho 117.0, 1ª Planta, Este   |
| <b>B</b>  | José María Ortiz de Zárate Leira      | L: 16:00-17:30<br>X: 10:30-12:00 | jmortizz@fis.ucm.es  | Despacho 112.0, 1ª Planta, Este   |
| <b>C</b>  | M <sup>a</sup> del Carmen García Payo | M: 11:30-13:00<br>V: 11:30-13:00 | mcgpayo@ucm.es       | Despacho 115.0, 1ª Planta, Este   |
| <b>D</b>  | Mohamed Khayet                        | X: 14:30-17:30                   | khayetm@fis.ucm.es   | Despacho 116.0, 1ª Planta, Este   |
|   | Loreto García Fernández               | X: 11:30-13:00                   | loreto.garcia@ucm.es | Despacho 104.bis, 1ª Planta, Este |
| <b>E</b>  | V. María Barragán García              | L: 14:30-15:30<br>M: 13:30-15:30 | vmabarra@fis.ucm.es  | Despacho 113, 1ª Planta, Este     |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los Principios de la Termodinámica y sus consecuencias.</li> <li>• Conocer el Primer Principio como principio general de conservación de la energía, con una función de estado, la energía interna.</li> <li>• Conocer cómo la entropía y sus propiedades dan cuenta del comportamiento termodinámico de los sistemas.</li> <li>• Conocer los potenciales termodinámicos como información completa de un sistema termodinámico.</li> <li>• Comprender la relación directa entre el formalismo termodinámico y los experimentos.</li> </ul> |
| <b>Resumen</b>  |
| 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.  |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
| Cálculo. Fundamentos de Física.   |
| <b>Asignaturas en cuyo desarrollo influye</b>   |
| Laboratorio de Física II, Termodinámica del no Equilibrio, Física Estadística I, Física de la Atmósfera, Física del Estado Sólido, Energía y Medio Ambiente, Fenómenos de Transporte, Física Estadística II, Geofísica y Meteorología Aplicadas, Meteorología Dinámica.   |

### 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)
- 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-thermodynamics>  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/estadistica.htm>  
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>  
<http://entropysite.oxy.edu/>



| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia (3 horas por semana).</li> <li>• Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas (2 horas por semana).</li> </ul> <p>Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en clase.</p> <p>El profesor recibirá individualmente a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas o ampliar conceptos.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |             |     |
|---|-------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso</b> | 80% |
| <p>Se realizará un examen final consistente en una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas.</p> <p>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.</p>  |             |     |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso</b> | 20% |
| <p>Se realizarán las siguientes actividades de evaluación continua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.</li> <li>• Pequeñas pruebas individuales o colectivas realizadas durante el curso</li> </ul>  |             |     |
| <b>Calificación final</b>   |             |     |
| <p>La calificación final (F) será la mejor de las dos siguientes:</p> $F = 0.2 A + 0.8 E \quad F = E$ <p>donde A es la calificación correspondiente a “Otras actividades” y E es la calificación obtenida en el examen final (ambas sobre 10).</p> <p>Para aprobar la asignatura, aplicando la primera ecuación, se requerirá obtener un mínimo de 4 sobre 10 en la calificación correspondiente al examen final.</p> <p>El criterio de calificación final se mantendrá en la convocatoria de septiembre.</p> |             |     |





## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                |                |                   |                  |        |
|--------------------------------|----------------|----------------|-------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Óptica</b>  |                |                   | <b>Código</b>    | 800500 |
| <b>Materia:</b>                | Física Clásica | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio    | <b>Curso:</b>  | 2º                | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 7.5   | 4.5      | 3         |
| <b>Horas presenciales</b> | 67.5  | 37       | 30.5      |

|                                  |                          |               |                  |
|----------------------------------|--------------------------|---------------|------------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Rosario Martínez Herrero | <b>Dpto:</b>  | OP               |
|                                  | <b>Despacho:</b>         | <b>e-mail</b> | r.m-h@fis.ucm.es |

| Grupo    | Profesor                                | T/P* | Dpto. | e-mail              |
|----------|---|------|-------|---------------------|
| <b>A</b> | Gemma Piquero Sanz                      | T/P  | OP    | piquero@fis.ucm.es  |
| <b>B</b> | Rosario Martínez Herrero                | T/P  | OP    | r.m-h@fis.ucm.es    |
| <b>C</b> | Alfredo Luis Aina                       | T/P  | OP    | alluis@fis.ucm.es   |
| <b>D</b> | M <sup>a</sup> Cruz Navarrete Fernández | T/P  | OP    | mnavarr@fis.ucm.es  |
| <b>E</b> | Luis Lorenzo Sánchez Soto               | T/P  | OP    | lsanchez@fis.ucm.es |
| <b>F</b> | Luis Lorenzo Sánchez Soto               | T/P  | OP    | lsanchez@fis.ucm.es |

\*: T:teoría, P:prácticas,

| Grupo | Horarios de clases |             |      | Tutorías (horarios y lugar)                              |
|-------|--------------------|-------------|------|--|
|       | Día                | Horas       | Aula |  |
| A     | L                  | 9:00-10:30  | 9    | L, M: 11:30 – 14:30                                      |
|       | M                  | 9:00-10:30  |      |  |
|       | J                  | 9:00-11:00  |      |  |
| B     | L                  | 10:30-12:00 | 11   | L, M, V de 12:00 a 14:00                                 |
|       | M                  | 10:30-12:00 |      |  |
|       | V                  | 10:00-12:00 |      |  |
| C     | L                  | 15:00-16:30 | 9    | M: 12:00 – 14:00   |
|       | M                  | 15:00-17:00 |      | X: 13:00 – 15:00   |
|       | X                  | 15:00-16:30 |      | J: 14:00 – 16:00   |
| D     | M                  | 17:30-19:00 | 11   | L, X de 10:30 a 13:30                                    |
|       | J                  | 16:30-18:00 |      |  |
|       | V                  | 15:00-17:00 |      |  |
| E     | M                  | 12.00-13.30 | 10   | L de 10:30 a 12:30<br>X de 15:30 a 17:30 /J13:30 A 15:30 |
|       | X                  | 12.00-13.30 |      |  |
|       | V                  | 11.30-13.30 |      |  |
| F     | M                  | 16:30-18:00 | 10   | L de 10:30 a 12:30<br>X de 15:30 a 17:30 /J13:30 A 15:30 |
|       | J                  | 15:30-17:00 |      |  |
|       | V                  | 15.00-17.00 |      |  |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocer las distintas representaciones de la luz polarizada.</li> <li>2. Comprender la propagación de la luz en medios homogéneos.</li> <li>3. Entender el concepto de coherencia.</li> <li>4. Conocer los procesos de interferencia y difracción y el fundamento de los distintos tipos de interferómetros y de las redes de difracción.</li> </ol> |
| <b>Resumen</b>   |
| 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.  |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>  |
| Se recomienda haber cursado las asignaturas de Álgebra, Cálculo y Fundamentos de Física  |

### 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 Fraunhofer 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 Press (2006)

### Recursos en internet

Utilización del Campus Virtual (por grupos).

| <b>Metodología</b>  |  |
|---|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases de teoría, donde se presentarán y comentarán los contenidos, ilustrados con ejemplos y aplicaciones.</li> <li>- Clases prácticas, en las que se resolverán problemas y se podrán realizar también experiencias de cátedra, discusiones dirigidas, exposiciones de trabajos, etc.</li> <li>- Tutorías, en las que se discutirán y resolverán dudas de forma personalizada o en pequeños grupos.</li> </ul> <p>En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador o transparencias, simulaciones por ordenador, etc.</p> <p>Se utilizará el Campus Virtual como apoyo para la comunicación con los alumnos y el intercambio de información</p> |  |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 60% |
| Se realizará un examen final escrito.  |              |     |
| <b>Otras actividades</b>   | <b>Peso:</b> | 40% |
| 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.   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>Para la calificación contribuyen los siguientes apartados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 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.</li> <li>* Evaluación continua distribuida durante el curso con dos contribuciones:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas parciales escritas de tipo test o preguntas cortas.</li> <li>- Otras actividades fuera o dentro del aula.</li> </ul> </li> </ul> <p>La nota final sobre 10 será <math>F = 0.6 F2 + 0.4 \text{ Máximo de } (P, F1)</math></p> <p>F1 = Nota sobre 10 del examen final de test o preguntas cortas.<br/>           F2 = Nota sobre 10 del examen final de problemas.<br/>           P = 0.9 PP + 0.1 OA</p> |              |     |

PP = Nota media sobre 10 de las pruebas parciales.

OA = Nota sobre 10 de las otras actividades.

Si tiene la evaluación continua aprobada  $P \geq 5$  no es obligatorio hacer el examen final de test o preguntas cortas F1, aunque puede hacerlo si lo desea para mejorar su nota.

Las calificaciones P y OA para la convocatoria de septiembre serán las mismas obtenidas en la convocatoria de junio.



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                            |                |                   |                  |        |
|--------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Electromagnetismo I</b> |                |                   | <b>Código</b>    | 800501 |
| <b>Materia:</b>                | Física Clásica             | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                | <b>Curso:</b>  | 2º                | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.6      | 2.4       |
| <b>Horas presenciales</b> | 54    | 29.5     | 24.5      |

|                                  |                    |     |               |                        |
|----------------------------------|--------------------|-----|---------------|------------------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Lucas Pérez García |     | <b>Dpto:</b>  | FM                     |
|                                  | <b>Despacho:</b>   | 210 | <b>e-mail</b> | lucas.perez@fis.ucm.es |

| Grupo    | Profesor                     | Periodo/<br>Fechas  | Horas | T/P<br>* | Dpto. | e-mail                    |
|----------|------------------------------|---------------------|-------|----------|-------|---------------------------|
| <b>A</b> | José Luis Sebastián Franco   | Todo el semestre    | 60    | T y P    | FAIII | jlsf@fis.ucm.es           |
| <b>B</b> | José Juan Jiménez Rodríguez  | Todo el semestre    | 60    | T y P    | FAIII | jjjr@fis.ucm.es           |
| <b>C</b> | Lucas Pérez García           | Todo el semestre    | 60    | T y P    | FM    | Lucas.perez@fis.ucm.es    |
| <b>D</b> | Alberto Rivera Calzada       | Todo el semestre    | 60    | T y P    | FM    | alberto.rivera@fis.ucm.es |
| <b>E</b> | Miguel Ángel González Barrio | Todo el semestre    | 60    | T y P    | FM    | mabarrio@fis.ucm.es       |
| <b>F</b> | Fernando Sols Lucia          | 1er tercio semestre | 20    | T y P    | FM    | f.sols@fis.ucm.es         |
|          | María Varela del Arco        | Resto del semestre  | 40    | T y P    | FM    | mvarela@fis.ucm.es        |

\*: T:teoría, P:prácticas,

| Grupo | Horarios de clases |             |      | Tutorías (horarios y lugar)   |
|-------|--------------------|-------------|------|---|
|       | Día                | Horas       | Aula |   |
| A     | M                  | 9:00-10:30  | 9    | Lunes, martes y jueves de 10:30 a 12:00<br>FA-III, Planta 3, despacho 102   |
|       | X                  | 9:00-10:00  |      |   |
|       | J                  | 9:00-10:30  |      |   |
| B     | M                  | 10:30-12:00 | 11   | Martes y jueves de 15:00 a 17:00<br>FA-III, Planta 3, despacho 111  |
|       | X                  | 11:00-12:00 |      |   |
|       | J                  | 10:30-12:00 |      |   |
| C     | M                  | 15:00-16:30 | 9    | Martes y miércoles de 8:30 a 11:30<br>FM, Planta 2, despacho 210  |
|       | X                  | 15:00-16:30 |      |   |
|       | J                  | 18:00-19:00 |      |   |
| D     | M                  | 16:30-18:00 | 11   | Martes y jueves de 11:00 a 12:30<br>FM  |
|       | X                  | 18:00-19:00 |      |   |
|       | J                  | 16:30-18:00 |      |   |
| E     | L                  | 12:30-14:00 | 10   | Jueves y viernes 10:00-13:00<br>FM, Planta 2, despacho 116  |
|       | X                  | 12:00-13:00 |      |   |
|       | V                  | 9:00-10:30  |      |   |
| F*    | L                  | 16:30-18:00 | 10   | M. Varela:<br>L, M y X de 13.00 de 14.30<br>FM, Planta 3<br><br>F. Sols:<br>M: 09:00-12:00 y X: 09:30-12:00<br>FM, Planta 2, despacho 110 |
|       | X                  | 16:30-18:00 |      |   |
|       | M                  | 18:00-19:00 |      |   |

\* El Prof. Fernando Sols Lucia impartirá las clases durante el 1er tercio del cuatrimestre y la Prof. María Varela del Arco el resto.

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominar la descripción básica de la creación de campos electromagnéticos por cargas y corrientes, y de la acción de los campos sobre las cargas.</li> <li>• Comprender y saber utilizar las ecuaciones de Maxwell en su forma diferencial e integral.</li> <li>• Conocer los conceptos de energía y momento del campo electromagnético.</li> </ul> |
| Resumen   |
| 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.

### 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 las 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.

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones.</li> <li>• Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.</li> </ul> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Además, se suministrarán a los estudiantes formularios de autoevaluación y/o exámenes de convocatorias previas.</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 80% |
| <p>Se realizará un examen parcial al finalizar el tema 3, y un examen final con dos partes: una correspondiente a los temas 1 a 3, y otra de los temas 4 a 6. La calificación de los exámenes será la mejor entre</p> $N_{Examen} = 0.5 N_{Ex.Parc.} + 0.5 N_{Ex.Final2} \quad \text{y} \quad N_{Examen} = 0.5 N_{Ex.Final1} + 0.5 N_{Ex.Final2}$ <p>Donde <math>N_{Ex.Parc.}</math> es la nota del parcial, y <math>N_{Ex.Final1}</math> y <math>N_{Ex.Final2}</math> la nota de cada una de las partes del examen final, todas sobre 10.</p> <p>Los exámenes consistirán en una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p> <p>Para la realización de la parte de problemas se podrá consultar 1 libro de teoría, de libre elección por parte del alumno.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades</b>   | <b>Peso:</b> | 20% |
| <p>Controles realizados en clase, así como problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual.</p> <p>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.</p>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>La calificación final (tanto en la convocatoria de febrero como en la de septiembre) será la mejor de las siguientes:</p> $C_{Final} = 0.2N_{OtrasAct.} + 0.8N_{Examen} \qquad C_{Final} = N_{Examen}$ <p>Donde <math>N_{OtrasAct.}</math> es la calificación (sobre 10) correspondiente a otras actividades.</p>   |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                             |                |                   |                  |        |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------|-------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Electromagnetismo II</b> |                |                   | <b>Código</b>    | 800502 |
| <b>Materia:</b>                | Física Clásica              | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                 | <b>Curso:</b>  | 2º                | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.6      | 2.4       |
| <b>Horas presenciales</b> | 54    | 29.5     | 24.5      |

|                              |                            |       |               |                     |
|------------------------------|----------------------------|-------|---------------|---------------------|
| <b>Profesor Coordinador:</b> | José Luis Sebastián Franco |       | <b>Dpto:</b>  | Física Aplicada-III |
|                              | <b>Despacho:</b>           | 102.0 | <b>e-mail</b> | jlsf@fis.ucm.es     |

| Grupo    | Profesor                     | T/P* | Dpto.  | e-mail                |
|----------|------------------------------|------|--------|-----------------------|
| <b>A</b> | Oscar Rodríguez de la Fuente | T/P  | FM     | osrodrig@ucm.es □     |
| <b>B</b> | José Juan Jiménez Rodríguez  | T/P  | FA-III | josejlr@fis.ucm.es □  |
| <b>C</b> | Andrey Malyshev              | T/P  | FM     | a.malyshev@fis.ucm.es |
| <b>D</b> | Emilio Nogales Díaz          | T/P  | FM     | enogales@ucm.es       |
| <b>E</b> | José Luis Sebastián Franco   | T/P  | FA-III | jlsf@fis.ucm.es       |
| <b>F</b> | María Pilar Marín Palacios   | T/P  | FM     | mpmarin@ucm.es        |

\*: T:teoría, P:prácticas,

| Grupo | Horarios de clases |   |      | Tutorías (horarios y lugar)  |
|-------|--------------------|---|------|--|
|       | Día                | Horas                                     | Aula |  |
| A     | L<br>X             | 12:00-14:00<br>12:00-14:00                | 9    | Oscar Rodríguez de la Fuente<br>Despacho (FM) 122                              |
| B     | M<br>J             | 12:00-14:00<br>12:00-14:00                | 11   | José Juan Jiménez Rodríguez<br>M, J: 15:00 -17:00.<br>Despacho (FA-III) 111    |
| C     | M<br>J             | 17:00-19:00<br>17:00-19:00                | 9    | Andrey Malyshev<br>Despacho (FM) 106   |
| D     | L<br>X             | 17:00-19:00<br>17:00-19:00                | 11   | Emilio Nogales Díaz<br>X, V: 11:00-13:00 y J: 14:30-16:30<br>Despacho (FM) 126 |
| E     | L<br>M<br>X        | 9:00-10:00<br>9:00-10:30<br>9:00-10:30    | 10   | José Luis Sebastián Franco<br>L, M y X: 10:30 a 12:00<br>Despacho (FA-III) 102 |
| F     | L<br>M<br>X        | 15:00-16:30<br>18:00-19:00<br>16:30-18:00 | 10   | María Pilar Marín Palacios<br>Despacho (FM) 113                                |

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir unos conocimientos básicos de los mecanismos de emisión de radiación electromagnética.</li> <li>• Conocer los conceptos de energía y momento del campo electromagnético.</li> <li>• Asimilar la estrecha relación entre el electromagnetismo y la teoría de la relatividad.</li> </ul> |
| Resumen  |
| Potenciales electromagnéticos, ondas electromagnéticas; sistemas radiantes; formulación relativista.   |
| Conocimientos previos necesarios   |
| Electromagnetismo I, Matemáticas, Cálculo, Álgebra   |
| Asignaturas en cuyo desarrollo influye   |
| Electrodinámica, Óptica  |

**Programa de la asignatura****Tema 1. Ecuaciones de Maxwell. Potenciales electromagnéticos.**

Ecuaciones de Maxwell en el vacío y en medios materiales. 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. Representación fasorial. 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, cuadvectores 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. Griffiths. "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.

| <b>Evaluación</b>   |                 |     |
|---|-----------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso(*):</b> | 80% |
| <p>Se realizará un examen parcial (al finalizar el tema 4) y un examen final. El examen parcial tendrá una estructura similar al examen final y tendrá carácter liberatorio para la convocatoria ordinaria. Se tratará por todos los medios de que este examen pueda realizarse de forma común para todos los grupos, fuera del horario de clase. El examen final comprenderá dos partes: el temario correspondiente al primer parcial (<i>Ex_Final_1</i>) y el resto de temario (<i>Ex_Final_2</i>). La calificación final, relativa a exámenes, <math>N_{Final}</math>, se obtendrá de la mejor de las opciones:</p> $N_{Final} = 0.5N_{Ex\_Parc\_1} + 0.5N_{Ex\_Final\_2} \quad \text{y} \quad N_{Final} = 0.5N_{Ex\_Final\_1} + 0.5N_{Ex\_Final\_2}$ <p>Donde <math>N_{Ex\_Parc\_1}</math> es la nota obtenida en el examen parcial y <math>N_{Ex\_Final\_1}</math> y <math>N_{Ex\_Final\_2}</math> son las calificaciones obtenidas en cada una de las partes del examen final. Las notas del parcial y final son sobre 10.</p> <p>La aplicación de las expresiones anteriores requiere que todas las calificaciones sean superiores a 3.5: (<math>N_{Ex\_Parc\_1}, N_{Ex\_Final\_2}, N_{Ex\_Final\_1} \geq 3.5</math>).</p> <p>Los exámenes tendrán una parte de cuestiones teórico-prácticas y una parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p> <p>Para la realización de la parte de problemas se podrá consultar un solo libro de teoría, de libre elección por parte del alumno.</p> |                 |     |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso(*):</b> | 20% |
| <p>Se podrá obtener hasta 2 puntos realizando las siguientes actividades de evaluación continua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeñas pruebas escritas individuales realizadas durante las clases. (15%)</li> <li>• Participación en clases, seminarios y tutorías. (5%)</li> </ul>  |                 |     |
| <b>Calificación final</b>   |                 |     |
| <p>La calificación final será la mejor de las opciones:</p> $C_{Final} = 0.2N_{Otras\_activ} + 0.8N_{Final} \quad \text{y} \quad C_{Final} = N_{Final}$ <p>Donde <math>N_{Otras\_activ}</math> es la calificación correspondiente a Otras actividades y <math>N_{Final}</math> la obtenida de la realización de exámenes.</p> <p>El examen de septiembre 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.</p>  |                 |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                               |                |                   |                  |        |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física Cuántica I</b>      |                |                   | <b>Código</b>    | 800503 |
| <b>Materia:</b>                | Física Cuántica y Estadística | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                   | <b>Curso:</b>  | 2º                | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5       |
| <b>Horas presenciales</b> | 54    | 29       | 25        |

|                                  |                    |    |               |                    |     |
|----------------------------------|--------------------|----|---------------|--------------------|-----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Fernando Ruiz Ruiz |    |               | <b>Dpto:</b>       | FTI |
|                                  | <b>Despacho:</b>   | 11 | <b>e-mail</b> | ferruiz@fis.ucm.es |     |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |      |             |   |                                      |                    |       |          |       |
|--|------|-------------|---|--------------------------------------|--------------------|-------|----------|-------|
| Grupo  | Aula | Día         | Horario                                   | Profesor                             | Periodo/<br>Fechas | Horas | T/P<br>* | Dpto. |
| <b>A</b>   | 9    | L, M<br>J   | 10:30-12:00<br>11:00-12:00                | Carmelo Pérez Martín                 | Todo el semestre   | 60    | T y P    | FTI   |
| <b>B</b>   | 11   | L, M<br>V   | 9:00-10:30<br>9:00-10:00                  | Fernando Ruiz Ruiz                   | Todo el semestre   | 60    | T y P    | FTI   |
| <b>C</b>   | 9    | L<br>J<br>V | 17:30-19:00<br>15:30-17:00<br>16:30-17:30 | M <sup>a</sup> Jesús Rodríguez Plaza | Todo el semestre   | 60    | T y P    | FTI   |
| <b>D</b>   | 11   | L<br>M<br>X | 15:30-17:00<br>16:30-17:30<br>15:30-17:00 | Amador Álvarez Alonso                | Todo el semestre   | 60    | T y P    | FTI   |
| <b>E</b>   | 10   | L<br>M<br>V | 11:30-12:30<br>10:30-12:00<br>10:00-11:30 | Fernando Ruiz Ruiz                   | Todo el semestre   | 60    | T y P    | FTI   |
| <b>F</b>   | 10   | L<br>J      | 16:30-18:30<br>17:00-19:00                | Marina Ramón Medrano                 | Todo el semestre   | 60    | T y P    | FTI   |

\*: T:teoría, P:prácticas, L:laboratorios



| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                      |   |                     |          |
|--|--------------------------------------|---|---------------------|----------|
| Grupo  | Profesor                             | horarios  | e-mail              | Lugar    |
| <b>A</b>                                     | Carmelo Pérez Martín                 | M y J: 11:00-15:00  | carmelop@fis.ucm.es | FTI, D10 |
| <b>B</b>                                     | Fernando Ruiz Ruiz                   | L: 15:00-17:00<br>X: 11:30-13:30<br>J: 9:30-11:30                   | ferruiz@fis.ucm.es  | FTI, D11 |
| <b>C</b>                                     | M <sup>a</sup> Jesús Rodríguez Plaza | L y X: 12:30 a 14:30<br>V: 11:30 a 13:30                            | mjrplaza@fis.ucm.es | FTI, D20 |
| <b>D</b>                                     | Amador Álvarez Alonso                | L: 17:00-19:00<br>M: 17:30-18:30<br>X: 12:00-13:00 y<br>17:00-19:00 | aalvarez@ucm.es     | FTI, D12 |
| <b>E</b>                                     | Fernando Ruiz Ruiz                   | L: 15:00-17:00<br>X: 11:30-13:30<br>J: 9:30-11:30                   | ferruiz@fis.ucm.es  | FTI, D11 |
| <b>F</b>                                     | Marina Ramón Medrano                 | M: 11:30 a 13:30  | mrm@fis.ucm.es      | FTI, D25 |

|   |
|---|
| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir el concepto de función de onda y las bases de la descripción de los fenómenos cuánticos mediante la ecuación de Schrödinger.</li> <li>• Resolver problemas unidimensionales y tridimensionales con simetría esférica (átomo de hidrógeno, oscilador armónico).</li> </ul> |
| <b>Resumen</b>  |
| <p>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.</p>  |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
| <p>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.</p>  |
| <b>Asignaturas en cuyo desarrollo influye</b>   |
| <p>Por ser una asignatura de carácter básico y fundamental, su dominio es requisito imprescindible para muchas asignaturas de tercero y cuarto. Entre ellas, Física cuántica II, Estructura de la materia, Mecánica cuántica, etc.</p>  |

| 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. Resonancias. 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 conmutación. Evolución temporal y constantes de movimiento. Observables compatibles. Relación de indeterminación energía-tiempo.   | 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 coordenadas cartesianas: pozo infinito y oscilador armónico. 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. Sánchez del Río. *Física Cuántica*. Madrid. 1997. Ed. Pirámide.
2. R. M. Eisberg, R. Resnick. *Física Cuántica*. México 1978. Ed. Limusa.
3. S. Gasiorowicz. *Quantum Physics*. Nueva York 2003. Ed. John Wiley.

**Complementaria**

1. S. Flügge. *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. D. J. Griffiths. *Introduction to Quantum Mechanics*. Nueva York 1995. Ed. Prentice Hall.
6. A. Galindo, P. Pascual. *Mecánica Cuántica*. Madrid 1999. Eudema.
7. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloë. *Quantum Mechanics*. Nueva York 1977. Ed. John Wiley.
8. R. Feynman, R. Leighton, M. Sands. *The Feynman Lectures on Physics*. 1967. Ed. Addison-Wesley.

**Recursos en internet**

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

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>A) Clases de teoría y problemas con los siguientes objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicar los resultados experimentales fundamentales que originan el desarrollo de la Física Cuántica y los conceptos que ésta introduce.</li> <li>- Enseñar los métodos de cálculo básicos de la Física Cuántica.</li> <li>- Mediante la resolución de ejercicios y discusión de ejemplos, desarrollar en el alumno el dominio de las ideas cuánticas.</li> </ul> <p>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.</p> <p>C) Se estimulará la discusión y la participación en tutorías.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los exámenes constarán de cuestiones teóricas, problemas cortos y problemas de mayor extensión con varios apartados.</li> <li>- Todas las preguntas serán precisas y concretas, y las respuestas también deberán serlo.</li> <li>- La corrección del examen final dará lugar a una calificación F cuyo valor estará comprendido entre 0 y 10 puntos</li> </ul> |              |     |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>Se realizará una prueba escrita a mitad de curso, cuya calificación C estará comprendida entre 0 y 10 puntos.</p>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula</p> $\text{Calificación final} = \text{Máximo} \{ E , 0.7 \times E + 0.3 \times C \}$   |              |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                  |                |                   |                  |        |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------|-------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Métodos Matemáticos I</b>     |                |                   | <b>Código</b>    | 800504 |
| <b>Materia:</b>                | Métodos Matemáticos de la Física | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                      | <b>Curso:</b>  | 2º                | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5       |
| <b>Horas presenciales</b> | 54    | 29       | 25        |

|                       |                             |                |               |                    |       |
|-----------------------|-----------------------------|----------------|---------------|--------------------|-------|
| <b>Profesor/a</b>     | Federico Finkel Morgenstern |                |               | <b>Dpto:</b>       | FT-II |
| <b>Coordinador/a:</b> | <b>Despacho:</b>            | 20 2ªpl. oeste | <b>e-mail</b> | ffinkel@fis.ucm.es |       |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |      |     |               |                                 |                         |       |          |       |
|--|------|-----|---------------|---------------------------------|-------------------------|-------|----------|-------|
| Grupo  | Aula | Día | Horario       | Profesor                        | Periodo/<br>Fechas      | Horas | T/P<br>* | Dpto. |
| A  | 9    | X   | 12:00 – 13:00 | Federico Finkel<br>Morgenstern  | Todo el semestre        | 60    | T y P    | FTII  |
|  |      | J   | 12:00 – 13:30 |                                 |                         |       |          |       |
|  |      | V   | 11:00 – 12:30 |                                 |                         |       |          |       |
| B  | 11   | M   | 12:00 – 13:00 | Miguel A. Rodríguez<br>González | Todo el semestre        | 60    | T y P    | FTII  |
|  |      | X   | 12:00 – 13:30 |                                 |                         |       |          |       |
|  |      | V   | 11:00 – 12:30 |                                 |                         |       |          |       |
| C  | 9    | M   | 16:30 – 18:00 | Luis J. Garay<br>Elizondo       | Todo el semestre        | 60    | T y P    | FTII  |
|  |      | X   | 18:00 – 19:00 |                                 |                         |       |          |       |
|  |      | V   | 17:00 – 18:30 |                                 |                         |       |          |       |
| D  | 11   | M   | 18:00 – 19:00 | Federico Finkel<br>Morgenstern  | Todo el semestre        | 60    | T y P    | FTII  |
|  |      | X   | 15:00 – 16:30 |                                 |                         |       |          |       |
|  |      | J   | 15:00 – 16:30 |                                 |                         |       |          |       |
| E  | 10   | L   | 9:00 – 10:30  | Federico Finkel<br>Morgenstern  | 23-11-16 al<br>20-01-17 | 30    | T y P    | FTII  |
|  |      | M   | 12:00 – 13:30 |                                 |                         |       |          |       |
|  |      | X   | 13:00 – 14:00 | Gabriel Álvarez<br>Galindo      | 26-09-16 al<br>22-11-16 | 30    | T y P    | FTII  |
| F  | 10   | M   | 15:30 – 16:30 | Miguel A. Rodríguez<br>González | 26-09-16 al<br>16-11-16 | 30    | T y P    | FTII  |
|  |      | X   | 15:00 – 16:30 |                                 |                         |       |          |       |
|  |      | J   | 15:00 – 16:30 | Manuel Mañas<br>Baena           | 17-11-16 al<br>20-01-17 | 30    | T y P    |       |

\*: T: teoría, P: prácticas

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                                    |   |                         |   |
|---|------------------------------------|---|-------------------------|---|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>                    | <b>horarios</b>   | <b>e-mail</b>           | <b>Lugar</b>                                  |
| <b>A</b>  | Federico Finkel<br>Morgenstern     | 1er. Semestre:<br>L: 10:30 -13:00 y<br>14:30 – 16:30<br>V: 14:30 - 16:00<br>2º Semestre:<br>X: 9:45 - 13:00<br>y 14:00 – 16: 45 | ffinkel@ucm.es          | Despacho<br>20, planta 2<br>Oeste             |
| <b>B</b>  | Miguel A.<br>Rodríguez<br>González | L; 14:30-17:00<br>M: 10:30-12:00<br>X: 16:30-17:30<br>J: 10:30-11:30  | rodrigue@ucm.es         | Despacho<br>27, planta 2<br>Oeste             |
| <b>C</b>  | Luis J. Garay<br>Elizondo          | 1er. Semestre:<br>X: 9:00 -13:00 y<br>14:00 – 16:00<br>2º Semestre:<br>M: 8:00 - 14:00  | luisj.garay@ucm.es      | Despacho:<br>16, FTII                         |
| <b>D</b>  | Federico Finkel<br>Morgenstern     | 1er. Semestre:<br>L: 10:30 -13:00 y<br>14:30 – 16:00<br>V: 14:30 - 16:30<br>2º Semestre:<br>X: 9:45 - 13:00<br>y 14:00 – 16: 45 | ffinkel@ucm.es          | Despacho<br>20, planta 2<br>Oeste             |
| <b>E</b>  | Federico Finkel<br>Morgenstern     | 1er. Semestre:<br>L: 10:30 -13:00 y<br>14:30 – 16:00<br>V: 14:30 - 16:30<br>2º Semestre:<br>X: 9:45 - 13:00<br>y 14:00 – 16: 45 | ffinkel@ucm.es          | Despacho<br>20, planta 2<br>Oeste             |
|   | Gabriel Álvarez<br>Galindo         | M, X: 9:00–12:00  | galvarez@fis.ucm.es     | Módulo<br>oeste,<br>Planta 2ª,<br>Despacho 12 |
| <b>F</b>  | Miguel A.<br>Rodríguez<br>González | L; 14:30-17:00<br>M: 10:30-12:00<br>X: 16:30-17:30<br>J: 10:30-11:30  | rodrigue@ucm.es         | Despacho<br>27, planta 2<br>Oeste             |
|   | Manuel Mañas<br>Baena              | M, X y J: 11:00-<br>13:00   | manuel.manas@fis.ucm.es | Despacho 10<br>2ª Oeste                       |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar y en su caso resolver ecuaciones diferenciales ordinarias y sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias lineales.</li> <li>• 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.</li> </ul> |
| <b>Resumen</b>  |
| Ecuaciones diferenciales ordinarias, sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias, funciones de variable compleja.   |
| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
| Cálculo de funciones de una y varias variables reales, álgebra lineal.  |
| <b>Asignaturas en cuyo desarrollo influye</b>   |
| La mayor parte de las asignaturas del grado, y en particular Métodos Matemáticos II, Mecánica Clásica, Termodinámica, Electromagnetismo, Física Estadística y Física Cuántica.  |

| <b>Programa de la asignatura</b>  |
|---|
| <b>ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS</b>  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Introducción a las ecuaciones diferenciales ordinarias.</b> Ecuaciones y sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias. Soluciones. Métodos elementales de integración para ecuaciones de primer orden. Existencia y unicidad de soluciones.</li> <li><b>2. Ecuaciones lineales.</b> Ecuaciones lineales de segundo orden. Ecuaciones homogéneas. Ecuaciones no homogéneas. Fórmula de variación de constantes. Ecuaciones con coeficientes constantes. Ecuaciones lineales de orden superior.</li> <li><b>3. Sistemas lineales.</b> Sistemas homogéneos. Sistemas no homogéneos. Fórmula de variación de constantes. Sistemas lineales con coeficientes constantes. Exponencial de una matriz.</li> </ol> |



## 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.

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> <li>• Clases prácticas de resolución de problemas y actividades dirigidas (aprox. 1,5 horas por semana).</li> </ul> <p>Las lecciones de teoría y la resolución de problemas tendrán lugar fundamentalmente en la pizarra, aunque podrán ser complementadas con proyecciones con ordenador.</p> <p>El profesor recibirá individualmente a los alumnos en el horario especificado de tutorías con objeto de resolver dudas o ampliar conceptos.</p> <p>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.</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| Calificación obtenida en el examen final de la asignatura.   |              |     |
| <b>Otras actividades</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| Problemas y ejercicios, que podrán ser resueltos en clase o evaluados mediante pruebas escritas.   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>Si la nota del examen final es <math>\geq 3.5</math>, la calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la fórmula</p> $CF = \max(E, 0.7 E + 0.3 A),$ <p>siendo E y A las notas del examen final y de otras actividades, respectivamente, ambas en la escala 0–10.</p> <p>La calificación de la convocatoria de septiembre se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                  |                |                   |                  |    |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------|-------------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Métodos Matemáticos II</b>    |                | <b>Código</b>     | 800505           |    |
| <b>Materia:</b>                | Métodos Matemáticos de la Física | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                      | <b>Curso:</b>  | 2º                | <b>Semestre:</b> | 2º |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5       |
| <b>Horas presenciales</b> | 54    | 29       | 25        |

|                                  |                    |         |               |                         |
|----------------------------------|--------------------|---------|---------------|-------------------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Manuel Mañas Baena |         | <b>Dpto:</b>  | FT-II                   |
|                                  | <b>Despacho:</b>   | 10, 2ªO | <b>e-mail</b> | manuel.manas@fis.ucm.es |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |      |     |                  |                             |       |
|--|------|-----|------------------|-----------------------------|-------|
| Grupo  | Aula | Día | Horario          | Profesor                    | Dpto. |
| <b>A</b>   | 9    | X   | 10:00 - 12:00    | Francisco J. China Trujillo | FTII  |
|  |      | J   | 12:00 - 14:00    |                             |       |
| <b>B</b>   | 11   | L   | 12:00 - 14:00    | Manuel Mañas Baena          | FTII  |
|  |      | J   | 10:00 - 12:00    |                             |       |
| <b>C</b>   | 9    | L   | 16:30 - 17:30    | José I. Aranda Iriarte      | FTII  |
|  |      | X   | 16:30 - 18:00    |                             |       |
|  |      | V   | 15:00 - 16:30    |                             |       |
| <b>D</b>   | 11   | M   | 15:00 - 16:30    | Piergiulio Tempesta         | FTII  |
|  |      | J   | 15:30 - 16:30(*) |                             |       |
|  |      | V   | 17:00 - 18:30(*) |                             |       |
| <b>E</b>   | 10   | L   | 10:00 - 11:30    | Amador Álvarez Alonso       | FTI   |
|  |      | X   | 10:30 - 12:00    |                             |       |
|  |      | V   | 9:00 - 10:00     |                             |       |
| <b>F</b>   | 10   | M   | 15:00 - 16:30    | Manuel Mañas Baena          | FTII  |
|  |      | X   | 15:00 - 16:30    |                             |       |
|  |      | V   | 17:00 - 18:00    |                             |       |

(\*) Hasta el 16 de marzo, a partir de entonces J 15:00-16:30 y V 17:00-18:00.

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                              |  |                         |                             |
|--|------------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|
| Grupo  | Profesor                     | horarios   | e-mail                  | Lugar                       |
| A  | Francisco J. Chinae Trujillo | X 12:00-14:00 y 16:00-18:00<br>J 16:00-18:00                         | chinae@fis.ucm.es       | Despacho 31, planta 2 Oeste |
| B  | Manuel Mañas Baena           | M, X y V: 11:00 - 13:00  | manuel.manas@fis.ucm.es | Despacho 10 2ª Oeste        |
| C  | José I. Aranda Iriarte       | X: 10:00-13:00<br>L y J: 14:00-15:30                                 | pparanda@fis.ucm.es     | Despacho 18 2ª Oeste        |
| D  | Piergiulio Tempesta          | L: 10:00-11:00 y 14:00-15:00<br>M: 10:00 - 12:00<br>J: 11:00 - 13:00 | p.tempesta@fis.ucm.es   | Despacho 30, planta 2 Oeste |
| E  | Amador Álvarez Alonso        | L: 17:00 - 19:00<br>M: 17:30 - 18:30<br>X: 12:00-13:00 y 17:00-19:00 | aalvarez@fis.ucm.es     | Despacho 12, 3ª Oeste       |
| F  | Manuel Mañas Baena           | M, X y V: 11:00 - 13:00  | manuel.manas@fis.ucm.es | Despacho 10 2ª Oeste        |

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar las ecuaciones en derivadas parciales básicas de la Física, conocer su ámbito de aplicación y dominar las técnicas fundamentales de obtención de soluciones.</li> <li>• Aprender el uso de los métodos del análisis de Fourier y su aplicación a las ecuaciones diferenciales.</li> <li>• Conocer las propiedades principales de las funciones especiales más usadas en Física.</li> </ul> |
| Resumen  |
| 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.   |

### 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.  
( <http://jacobi.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.

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>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.</p> <p>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...</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 65% |
| <p>El examen final de junio (y de septiembre) 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 <math>E</math> de 0 a 10 puntos. Una nota <math>E \geq 5</math> supondrá la aprobación de la asignatura.</p> <p>Para poder compensar la nota de exámenes con los puntos obtenidos con las 'otras actividades', esa nota <math>E</math> deberá ser superior a 3.5 puntos.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | 35% |
| <p>Se realizarán actividades de evaluación continua de alguno de estos tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de problemas a lo largo del curso de forma individual o en grupo.</li> <li>• Realización individual de problemas evaluables en horas de clase.</li> </ul> <p>La nota final <math>A</math> de otras actividades será un número entre 0 y 3.5 puntos. Esta nota se tendrá en cuenta en la convocatoria de septiembre.</p>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>Si <math>E</math> es la nota del examen final y <math>A</math> la nota final de otras actividades, la calificación final <math>C_F</math> vendrá dada (si <math>E \geq 3.5</math>) por la fórmula:</p> $C_F = \text{máx} ( A + 0.65 * E, E )$  |              |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                 |                |                   |                  |        |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Laboratorio de Física II</b> |                |                   | <b>Código</b>    | 800506 |
| <b>Materia:</b>                | Laboratorio de Física           | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                     | <b>Curso:</b>  | 2º                | <b>Semestre:</b> | Anual  |

|                           | Total | Teóricos | Laboratorio |
|---------------------------|-------|----------|-------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 7.5   | 1.4      | 6.1         |
| <b>Horas presenciales</b> | 88    | 11.5     | 76.5        |

|                                  |                     |     |               |                 |      |
|----------------------------------|---------------------|-----|---------------|-----------------|------|
| <b>Profesores Coordinadores:</b> | Frutos García López |     |               | <b>Dpto:</b>    | FA-I |
|                                  | <b>Despacho:</b>    | 108 | <b>e-mail</b> | frutosga@ucm.es |      |
|                                  | David Maestre Varea |     |               | <b>Dpto:</b>    | FM   |
|                                  | <b>Despacho:</b>    | 106 | <b>e-mail</b> | dmaestre@ucm.es |      |

| Teoría/Prácticas – Detalle de horarios y profesorado |                       |       |  |
|--|-----------------------|-------|--|
| Grupo  | Profesor              | Dpto. | e-mail   |
| <b>A</b>   | Frutos García López   | FA-I  | <a href="mailto:frutosga@ucm.es">frutosga@ucm.es</a>       |
|  | David Maestre Varea   | FM    | <a href="mailto:dmaestre@ucm.es">dmaestre@ucm.es</a>       |
|  | Rocío Ranchal Sánchez | FM    | <a href="mailto:rociran@fis.ucm.es">rociran@fis.ucm.es</a> |
| <b>B</b>   | Frutos García López   | FA-I  | <a href="mailto:frutosga@ucm.es">frutosga@ucm.es</a>       |
|  | David Maestre Varea   | FM    | <a href="mailto:dmaestre@ucm.es">dmaestre@ucm.es</a>       |
|  | Rocío Ranchal Sánchez | FM    | <a href="mailto:rociran@fis.ucm.es">rociran@fis.ucm.es</a> |
| <b>C</b>   | Frutos García López   | FA-I  | <a href="mailto:frutosga@ucm.es">frutosga@ucm.es</a>       |
|  | David Maestre Varea   | FM    | <a href="mailto:dmaestre@ucm.es">dmaestre@ucm.es</a>       |
|  | Rocío Ranchal Sánchez | FM    | <a href="mailto:rociran@fis.ucm.es">rociran@fis.ucm.es</a> |
| <b>D</b>   | Frutos García López   | FA-I  | <a href="mailto:frutosga@ucm.es">frutosga@ucm.es</a>       |
|  | David Maestre Varea   | FM    | <a href="mailto:dmaestre@ucm.es">dmaestre@ucm.es</a>       |
|  | Rocío Ranchal Sánchez | FM    | <a href="mailto:rociran@fis.ucm.es">rociran@fis.ucm.es</a> |
| <b>E</b>   | Frutos García López   | FA-I  | <a href="mailto:frutosga@ucm.es">frutosga@ucm.es</a>       |
|  | David Maestre Varea   | FM    | <a href="mailto:dmaestre@ucm.es">dmaestre@ucm.es</a>       |
|  | Rocío Ranchal Sánchez | FM    | <a href="mailto:rociran@fis.ucm.es">rociran@fis.ucm.es</a> |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |   |       |   |
|--|---|-------|---|
| Grupo  | Profesor  | Dpto. | e-mail  |
| L1   | Chantal Valeriani (1 <sup>er</sup> sem.)  | FA-I  | cvaleriani@ucm.es   |
|  | Carlos Fernández Tejero (2 <sup>o</sup> sem)  |       | cftejero@fis.ucm.es   |
|  | Charles Creffield (1 <sup>er</sup> sem.)  | FM    | c.creffield@fis.ucm.es  |
|  | Paloma Almodóvar (2 <sup>o</sup> sem.)  |       | palmodov@ucm.es   |
|  | Elena Navarro (2 <sup>o</sup> sem.)   | FM    | enavarro@ucm.es   |
|  | Isabel Gonzalo Fonrodona  | OP    | igonzalo@fis.ucm.es   |
| L2   | Frutos García López (1 <sup>er</sup> sem.)  | FA-I  | frutosga@ucm.es   |
|  | Carlos Fernández Tejero (2 <sup>o</sup> sem)  |       | cftejero@fis.ucm.es   |
|  | Óscar Rodríguez (1 <sup>er</sup> sem.)  | FM    | oscar.rodriguez@fis.ucm.es  |
|  | Elena Díaz (2 <sup>o</sup> sem.)  |       | elenadg@fis.ucm.es  |
|  | Andrey Malyshev (2 <sup>o</sup> sem.)   | FM    | a.malyshev@fis.ucm.es   |
|  | Isabel Gonzalo Fonrodona  | OP    | igonzalo@fis.ucm.es   |
| L3   | Cristina Rincón Cañibano (1 <sup>er</sup> sem.)   | FA-I  | crinconc@ucm.es   |
|  | Carlos Fernández Tejero (2 <sup>o</sup> sem)  |       | cftejero@fis.ucm.es   |
|  | Charles Creffield (1 <sup>er</sup> sem.)  | FM    | c.creffield@fis.ucm.es  |
|  | Rocío Ranchal (2 <sup>o</sup> sem.)   |       | rociran@fis.ucm.es  |
|  | Charles Creffield (2 <sup>o</sup> sem.)   | FM    | c.creffield@fis.ucm.es  |
|  | Isabel Gonzalo Fonrodona  | OP    | igonzalo@fis.ucm.es   |
| L4   | Armando Relano Pérez (1 <sup>er</sup> sem.)<br>Ma. Carmen García Payo (1 <sup>er</sup> sem.)<br>Frutos García López (1 <sup>er</sup> sem.)<br>José M <sup>a</sup> Ortiz de Zárate | FA-I  | armando.relano@fis.ucm.es<br>mcgpayo@ucm.es<br>frutosga@ucm.es<br>jmortizz@fis.ucm.es |
|  | Óscar Rodríguez (1 <sup>er</sup> sem.)  | FM    | oscar.rodriguez@fis.ucm.es  |
|  | Elena Díaz (2 <sup>o</sup> sem.)  |       | elenadg@fis.ucm.es  |
|  | Charles Creffield (2 <sup>o</sup> sem.)   | FM    | c.creffield@fis.ucm.es  |
|  | Ángel S. Sanz Ortiz   | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es   |
| L5   | Cristina Rincón Cañibano (1 <sup>er</sup> sem.)   | FA-I  | crinconc@ucm.es   |
|  | Carlos Fdez. / Frutos García (2 <sup>o</sup> sem)   |       | cftejero@fis.ucm.es / frutosga@ucm.es   |
|  | Elena Díaz (1 <sup>er</sup> sem.)   | FM    | elenadg@fis.ucm.es  |
|  | Noemí Carmona (2 <sup>o</sup> sem.)   |       | n.carmona@fis.ucm.es  |
|  | Andrey Malyshev (2 <sup>o</sup> sem.)   | FM    | a.malyshev@fis.ucm.es   |
|  | Ángel S. Sanz Ortiz   | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es   |
| L6   | Juan Pedro G. Villaluenga   | FA-I  | juanpgv@fis.ucm.es  |
|  | Charles Creffield (1 <sup>er</sup> sem.)  | FM    | c.creffield@fis.ucm.es  |
|  | Noemí Carmona (2 <sup>o</sup> sem.)   |       | n.carmona@fis.ucm.es  |
|  | Andrey Malyshev (2 <sup>o</sup> sem.)   | FM    | a.malyshev@fis.ucm.es   |
|  | Ángel S. Sanz Ortiz   | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es   |



| Grupo                         | Profesor                                   | Dpto. | e-mail                 |
|-------------------------------|--|-------|------------------------|
| L7                            | Frutos García López (1 <sup>er</sup> sem.) | FAI   | frutosga@ucm.es        |
|                               | Ricardo Brito (2 <sup>o</sup> sem)         |       | brito@ucm.es           |
|                               | Charles Creffield (1 <sup>er</sup> sem.)   | FM    | c.creffield@fis.ucm.es |
|                               | Elena Díaz (2 <sup>o</sup> sem.)           |       | elenadg@fis.ucm.es     |
|                               | Víctor Rollano (2 <sup>o</sup> sem.)       | FM    | vrgarcia@ucm.es        |
|                               | Ángel S. Sanz Ortiz                        | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es    |
| L8                            | Frutos García López                        | FAI   | frutosga@ucm.es        |
|                               | Rocío Ranchal                              | FM    | rociran@fis.ucm.es     |
|                               | Charles Creffield (2 <sup>o</sup> sem.)    | FM    | c.creffield@fis.ucm.es |
|                               | Ángel S. Sanz Ortiz                        | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es    |
| L9                            | Cristina Rincón Cañibano                   | FA-I  | crinconc@ucm.es        |
|                               | Charles Creffield (1 <sup>er</sup> sem.)   | FM    | c.creffield@fis.ucm.es |
|                               | Rocío Ranchal (2 <sup>o</sup> sem.)        |       | rociran@fis.ucm.es     |
|                               | Andrey Malyshev (2 <sup>o</sup> sem.)      | FM    | a.malyshev@fis.ucm.es  |
|                               | Ángel S. Sanz Ortiz                        | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es    |
| L10                           | Frutos García López (1 <sup>er</sup> sem.) | FAI   | frutosga@ucm.es        |
|                               | Ricardo Brito (2 <sup>o</sup> sem)         |       | brito@ucm.es           |
|                               | Charles Creffield (1 <sup>er</sup> sem.)   | FM    | c.creffield@fis.ucm.es |
|                               | David Maestre (2 <sup>o</sup> sem.)        |       | dmaestre@ucm.es        |
|                               | Charles Creffield (2 <sup>o</sup> sem.)    | FM    | c.creffield@fis.ucm.es |
|                               | Ángel S. Sanz Ortiz                        | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es    |
| L11                           | Frutos García López                        | FAI   | frutosga@ucm.es        |
|                               | Elena Díaz                                 | FM    | elenadg@fis.ucm.es     |
|                               | Charles Creffield (2 <sup>o</sup> sem.)    | FM    | c.creffield@fis.ucm.es |
|                               | Ángel S. Sanz Ortiz                        | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es    |
| L12                           | Cristina Rincón Cañibano                   | FAI   | crinconc@ucm.es        |
|                               | Elena Díaz                                 | FM    | elenadg@fis.ucm.es     |
|                               | Jorge Spottorno(2 <sup>o</sup> sem.)       | FM    | jspottorno@ucm.es      |
|                               | Ángel S. Sanz Ortiz                        | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es    |
| L13<br>SOLO<br>DOBLE<br>GRADO | Carmen García Payo (1 <sup>er</sup> sem.)  | FA-I  | mcpayo@ucm.es          |
|                               | Frutos García López (2 <sup>o</sup> sem.)  |       | frutosga@ucm.es        |
|                               | David Maestre                              | FM    | dmaestre@ucm.es        |
|                               | Elena Navarro (2 <sup>o</sup> sem.)        | FM    | enavarro@ucm.es        |
|                               | Ángel S. Sanz Ortiz                        | OP    | a.s.sanz@fis.ucm.es    |

|   |   |      |                            |
|---|---|------|----------------------------|
| <b>L14<br/>SOLO<br/>DOBLE<br/>GRADO</b> | V. María Barragán García (1 <sup>er</sup> sem.) | FA-I | vmabarra@fis.ucm.es        |
|   | Armando Relaño Pérez (2 <sup>o</sup> sem)       |      | armando.relano@fis.ucm.es  |
|   | Óscar Rodríguez (1 <sup>er</sup> sem.)          | FM   | oscar.rodriguez@fis.ucm.es |
|   | Elena Díaz (2 <sup>o</sup> sem.)                |      | elenadg@fis.ucm.es         |
|   | Elena Navarro (2 <sup>o</sup> sem.)             | FM   | enavarro@ucm.es            |
|   | Ángel S. Sanz Ortiz                             | OP   | a.s.sanz@fis.ucm.es        |

| <b>Horarios de clases<br/>1<sup>er</sup> SEMESTRE</b>                  |                           |              |             |  |
|--|---------------------------|--------------|-------------|--|
| <b>(NOTA: se impartirán las clases durante las 4 primeras semanas)</b> |                           |              |             |  |
| <b>Grupo</b>   | <b>Horarios de clases</b> |              |             | <b>Tutorías (horarios y lugar)</b>                                 |
|  | <b>Día</b>                | <b>Horas</b> | <b>Aula</b> |  |
| <b>A</b>   | M                         | 12:00 -13:30 | 9           | Frutos García López<br>Desp. 108 planta 1,<br>M: 17:00 - 20:00     |
| <b>B</b>   | J                         | 12:00 -13:30 | 11          |  |
| <b>C</b>   | L                         | 15:00 -16:30 | 9           |  |
| <b>D</b>   | J                         | 18:00 -19:30 | 11          | D. Maestre Varea<br>Desp. 106 planta 2.<br>M, J: 10:00-13:00       |
| <b>E</b>   | V                         | 12:30 -14:00 | 10          |  |
| <b>2<sup>o</sup> SEMESTRE</b>  |                           |              |             |  |
| <b>(NOTA: se impartirán las clases durante las 5 primeras semanas)</b> |                           |              |             |  |
| <b>Grupo</b>   | <b>Horarios de clases</b> |              |             | <b>Tutorías (horarios y lugar)</b>                                 |
|  | <b>Día</b>                | <b>Horas</b> | <b>Aula</b> |  |
| <b>A</b>   | M                         | 12:00 -13:30 | 9           | Frutos García López<br>Desp. 108 planta 1,<br>M y J: 18:00 – 19:30 |
| <b>B</b>   | V                         | 12:00-13:30  | 11          |  |
| <b>C</b>   | X                         | 18:00-19:30  | 9           | D. Maestre Varea<br>Desp. 106 planta 2.<br>M, J: 10:00-13:00       |
| <b>D</b>   | J                         | 14:00-15:30  | 11          |  |
| <b>E</b>   | L                         | 12:30-14:00  | 10          | Rocío Ranchal<br>Desp.106, planta 2<br>L, X, V:10:00-12:00         |

## 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 se mantendrán durante todo el curso.**

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 control durante la sesión.*
- **POR NECESIDADES DE CALENDARIO, LAS PRÁCTICAS DE FÍSICA CUÁNTICA SE REALIZAN UN DÍA DE LA SEMANA DISTINTO AL HABITUAL DE CADA GRUPO.**

Notación de las tablas para los laboratorios:

|         |  |
|---------|--|
| Tm:     | Laboratorio de Termodinámica             |
| M y O:  | Laboratorio de Mecánica y Ondas          |
| El y M: | Laboratorio de Electricidad y Magnetismo |
| FQ:     | Laboratorio de Física Cuántica           |

| <b>Calendario de Grupos de Laboratorios</b> |  | <b>Nº sesiones</b>         |             |
|---|--|----------------------------|-------------|
|   |  |                            | <b>21</b>   |
| <b>Grupo</b>                                | <b>Día</b>   | <b>Horas</b>               | <b>Lab.</b> |
| <b>L1</b>                                   | 24/10/16 - 07/11/16 - 21/11/16 - 28/11/16            | 10:00-13:00                | Tm          |
|   | 05/12/16 - 12/12/16 - 19/12/16 - 09/01/17            | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 20/02/17 - 27/02/17 - 06/03/17                       | 9:30-13:30                 | El y M      |
|   | 13/03/17 - 20/03/17 - 27/03/17 - 03/04/17 - 24/04/17 | 10:00-14:00                | Tm          |
|   | 08/05/17 - 22/05/17 - 29/05/17                       | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 09/05/17 - 16/05/17                                  | 9:30-11:30                 | FQ          |
| <b>L2</b>                                   | 25/10/16 - 08/11/16 - 15/11/16 - 22/11/16            | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 29/11/16 - 13/12/16 - 20/12/16 - 10/01/17            | 10:00-13:00                | Tm          |
|   | 21/02/17 - 28/02/17 - 07/03/17                       | 9:30-13:30                 | El y M      |
|   | 14/03/17 - 21/03/17 - 28/03/17 - 04/04/17 - 18/04/17 | 10:00-14:00                | Tm          |
|   | 25/04/17 - 09/05/17 - 16/05/17                       | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 03/05/17 - 10/05/17                                  | 9:30-11:30                 | FQ          |
| <b>L3</b>                                   | 26/10/16 - 02/11/16 - 16/11/16 - 23/11/16            | 10:00-13:00                | Tm          |
|   | 30/11/16 - 07/12/16 - 14/12/16 - 21/12/16            | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 01/03/17 - 08/03/17 - 15/03/17 - 22/03/17 - 29/03/17 | 10:00-14:00                | Tm          |
|   | 05/04/17 - 19/04/17 - 26/04/17                       | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 03/05/17 - 10/05/17 - 17/05/17                       | 9:30-13:30                 | El y M      |
|   | 04/05/17 - 11/05/17                                  | 9:30-11:30                 | FQ          |
| <b>L4</b>                                   | 27/10/16 - 03/11/16 - 10/11/16 - 17/11/16            | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 24/11/16 - 01/12/16 - 15/12/16 - 22/12/16            | 10:00-13:00                | Tm          |
|   | 02/03/17 - 09/03/17 - 16/03/17 - 23/03/17 - 30/03/17 | 10:00-14:00                | Tm          |
|   | 06/04/17 - 20/04/17 - 27/04/17                       | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 04/05/17 - 11/05/17 - 18/05/17                       | 9:30-13:30                 | El y M      |
|   | 09/05/17 - 16/05/17                                  | 11:30-13:30                | FQ          |
| <b>L5</b>                                   | 26/10/16 - 02/11/16 - 16/11/16 - 23/11/16            | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 30/11/16 - 07/12/16 - 14/12/16 - 21/12/16            | 10:00-13:00                | Tm          |
|   | 01/03/17 - 08/03/17 - 15/03/17                       | 9:30-13:30                 | M y O       |
|   | 22/03/17 - 29/03/17 - 05/04/17                       | 9:30-13:30                 | El y M      |
|   | 19/04/17 - 26/04/17 - 03/05/17 - 10/05/17 - 17/05/17 | 10:00-14:00                | Tm          |
|   | 22/05/17<br>23/05/17                                 | 09:30-11:30<br>11:30-13:30 | FQ          |

| <b>Calendario de Grupos de Laboratorios (Continuación)</b> |  |              |                |
|--|--|--------------|----------------|
| <b>Grupo</b>   | <b>Fechas</b>  | <b>Horas</b> | <b>Materia</b> |
| <b>L6</b>  | 27/10/16 - 03/11/16 - 10/11/16 - 17/11/16            | 10:00-13:00  | Tm             |
|  | 24/11/16 - 01/12/16 - 15/12/16 - 22/12/16            | 9:30-13:30   | M y O          |
|  | 02/03/17 - 09/03/17 - 16/03/17                       | 9:30-13:30   | M y O          |
|  | 23/03/17 - 30/03/17 - 06/04/17                       | 9:30-13:30   | El y M         |
|  | 20/04/17 - 27/04/17 - 04/05/17 - 11/05/17 - 18/05/17 | 10:00-14:00  | Tm             |
|  | 03/05/17 - 10/05/17                                  | 11:30-13:30  | FQ             |
| <b>L7</b>  | 24/10/16 - 07/11/16 - 21/11/16 - 28/11/16            | 15:00-19:00  | M y O          |
|  | 05/12/16 - 12/12/16 - 19/12/16 - 09/01/17            | 15:00-18:00  | Tm             |
|  | 20/02/17 - 27/02/17 - 06/03/17                       | 15:00-19:00  | M y O          |
|  | 13/03/17 - 20/03/17 - 27/03/17 - 03/04/17 - 24/04/17 | 15:00-19:00  | Tm             |
|  | 08/05/17 - 22/05/17 - 29/05/17                       | 15:00-19:00  | El y M         |
|  | 09/05/17 - 16/05/17                                  | 15:00-17:00  | FQ             |
| <b>L8</b>  | 25/10/16 - 08/11/16 - 15/11/16 - 22/11/16            | 15:00-18:00  | Tm             |
|  | 29/11/16 - 13/12/16 - 20/12/16 - 10/01/17            | 15:00-19:00  | M y O          |
|  | 21/02/17 - 28/02/17 - 07/03/17                       | 15:00-19:00  | El y M         |
|  | 14/03/17 - 21/03/17 - 28/03/17                       | 15:00-19:00  | M y O          |
|  | 04/04/17 - 18/04/17 - 25/04/17 - 09/05/17 - 16/05/17 | 15:00-19:00  | Tm             |
|  | 03/05/17 - 10/05/17                                  | 15:00-17:00  | FQ             |
| <b>L9</b>  | 26/10/16 - 02/11/16 - 16/11/16 - 23/11/16            | 15:00-19:00  | M y O          |
|  | 30/11/16 - 07/12/16 - 14/12/16 - 21/12/16            | 15:00-18:00  | Tm             |
|  | 01/03/17 - 08/03/17 - 15/03/17                       | 15:00-19:00  | M y O          |
|  | 22/03/17 - 29/03/17 - 05/04/17                       | 15:00-19:00  | El y M         |
|  | 19/04/17 - 26/04/17 - 03/05/17 - 10/05/17 - 17/05/17 | 16:00-20:00  | Tm             |
|  | 04/05/17 - 11/05/17                                  | 15:00-17:00  | FQ             |
| <b>L10</b>   | 27/11/16 - 03/11/16 - 10/11/16 - 17/11/16            | 15:00-18:00  | Tm             |
|  | 24/11/16 - 01/12/16 - 15/12/16 - 22/12/16            | 15:00-19:00  | M y O          |
|  | 02/03/17 - 09/03/17 - 16/03/17                       | 15:00-19:00  | El y M         |
|  | 23/03/17 - 30/03/17 - 06/04/17 - 20/04/17 - 27/04/17 | 15:00-19:00  | Tm             |
|  | 04/05/17 - 11/05/17 - 18/05/17                       | 15:00-19:00  | M y O          |
|  | 08/05/17 - 22/05/17                                  | 15:00-17:00  | FQ             |

| <b>Calendario de Grupos de Laboratorios (Continuación)</b> |  |                            |              |
|--|--|----------------------------|--------------|
| <b>Grupo</b>   | <b>Grupo</b>   | <b>Grupo</b>               | <b>Grupo</b> |
| <b>L11</b>   | 25/10/16 - 08/11/16 - 15/11/16 - 22/11/16                              | 15:00-19:00                | M y O        |
|  | 29/11/16 - 13/12/16 - 20/12/16 - 10/01/17                              | 15:00-18:00                | Tm           |
|  | 21/02/17 - 28/02/17 - 07/03/17 - 14/03/17 - 21/03/17                   | 15:00-19:00                | Tm           |
|  | 25/04/17 - 09/05/17 - 16/05/17   | 15:00-19:00                | M y O        |
|  | 28/03/17 - 04/04/17 - 18/04/17   | 15:00-19:00                | El y M       |
|  | 08/05/17 - 22/05/17  | 17:00-19:00                | FQ           |
| <b>L12</b>   | 26/10/16 - 02/11/16 - 16/11/16 - 23/11/16                              | 15:00-18:00                | Tm           |
|  | 30/11/16 - 07/12/16 - 14/12/16 - 21/12/16                              | 15:00-19:00                | M y O        |
|  | 01/03/17 - 08/03/17 - 15/03/17 - 22/03/17 - 29/03/17                   | 16:00-20:00                | Tm           |
|  | 03/05/17 - 10/05/17 - 17/05/17   | 15:00-19:00                | El y M       |
|  | 05/04/17 - 19/04/17 - 26/04/17   | 15:00-19:00                | M y O        |
|  | 09/05/17 - 16/05/17  | 17:00-19:00                | FQ           |
| <b>L13<br/>SOLO<br/>DOBLE<br/>GRADO</b>                    | 28/10/16 - 04/11/16 - 11/11/16 - 18/11/16                              | 10:30-14:30                | M y O        |
|  | 25/11/16 - 02/12/16 - 09/12/16 - 16/12/16                              | 11:00-14:00                | Tm           |
|  | 24/02/17 - 03/03/17 - 10/03/17 - 17/03/17 - 24/03/17                   | 14:00-18:00                | Tm           |
|  | 31/03/17 - 21/04/17 - 28/04/17   | 13:30-17:30                | El y M       |
|  | 05/05/17 - 12/05/17 - 19/05/17   | 13:30-17:30                | M y O        |
|  | 17/05/17<br>(grupo con Estructura de la Materia los martes y jueves)   | 12:30-14:30<br>15:30-17:30 | FQ           |
| <b>L14<br/>SOLO<br/>DOBLE<br/>GRADO</b>                    | 28/10/16 - 04/11/16 - 11/11/16 - 18/11/16                              | 11:00-14:00                | Tm           |
|  | 25/11/16 - 02/12/16 - 09/12/16 - 16/12/16                              | 10:30-14:30                | M y O        |
|  | 24/02/17 - 03/03/17 - 10/03/17   | 13:30-17:30                | El y M       |
|  | 17/03/17 - 24/03/17 - 31/03/17   | 13:30-17:30                | M y O        |
|  | 21/04/17 - 28/04/17 - 05/05/17 - 12/05/17 - 19/05/17                   | 14:00-18:00                | Tm           |
|  | 18/05/17<br>(grupo con Estructura de la Materia los lunes y miércoles) | 12:30-14:30<br>15:30-17:30 | FQ           |

### **AVISO IMPORTANTE PARA ALUMNOS REPETIDORES**

**Los alumnos repetidores que tengan aprobados TODOS los laboratorios **OBLIGATORIAMENTE** se matricularán en el **GRUPO DE LABORATORIO L15**.**

**Las calificaciones de los laboratorios obtenidas en el curso **2015-2016** se guardan para el curso **2016-2017** (sólo durante un curso académico).**

#### **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.

#### **Resumen**

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

**Programa teórico de la asignatura (1º semestre)**

1. Escalas termométricas. Concepto de temperatura y equilibrio térmico.
2. Calorimetría. Calores específicos.
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).
2. Calores específicos de sólidos.
3. Gases reales.
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.



| <b>Programa de prácticas (Termodinámica)</b>   | <b>Sesiones</b> |
|--|-----------------|
| 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 aislante  | 1               |
| <b>Programa de prácticas (Mecánica y Ondas)</b>  | <b>Sesiones</b> |
| 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               |
| <b>Programa de prácticas (Física Cuántica)</b><br>(los alumnos realizarán sólo 2 de las prácticas enumeradas a continuación) | <b>Sesiones</b> |
| 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  | 1               |
| <b>Programa de prácticas (Electricidad y Magnetismo)</b>   | <b>Sesiones</b> |
| <b>Grado en Física</b>   |                 |
| 1. Medidas Eléctricas  | 1               |
| 2. Medidas con el osciloscopio: circuitos RC   | 1               |
| 3. Leyes de Biot-Savart e inducción electromagnética   | 1               |
| <b>Doble Grado en Física y Matemáticas</b>   |                 |
| 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               |

**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 Cuántica*, C. Sánchez del Río (coordinador). Ed. Pirámide (2008).
- *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](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.

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>La asignatura consta de clases teóricas, sesiones de laboratorio y una sesión en el aula de informática.</p> <p>Las clases teóricas constarán de exposiciones del profesor. Se impartirán clases teóricas sobre Termodinámica, Mecánica y Ondas, Electricidad y Magnetismo y Estadística Básica.</p> <p>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 que estarán disponibles en el Campus Virtual, y que los alumnos deberán haber estudiado antes del inicio de cada práctica.</p> <p>En las sesiones de laboratorio habrá un profesor para ayudar al alumno (explicaciones de las prácticas, dudas, resultados, etc.).</p> <p>En algunas de las prácticas se pedirá al alumno el informe al final de la sesión y en otras se entregará una memoria del trabajo realizado en la sesión siguiente. Los informes serán corregidos y evaluados por los profesores y discutidos con los alumnos durante las sesiones de laboratorio.</p> <p><b><u>Del 14 al 20 de febrero de 2017 se impartirá la clase en el aula de informática donde se explicará tratamiento de datos que incluirá ajustes no lineales.</u></b> Esta sesión es obligatoria y se realizará en el mismo horario que las sesiones de teoría.</p> |

| <b>Evaluación: TERMODINÁMICA</b>  |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| Examen escrito al final de cada cuatrimestre.   |              |     |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>Realización de prácticas en el laboratorio.</p> <p>Se entregará un informe de las medidas realizadas. En algunas de las prácticas se pedirá al alumno el informe al final de la sesión y en otras se entregará una memoria del trabajo realizado en la sesión siguiente. En los informes debe incluirse las medidas realizadas, la estimación de las incertidumbres asociadas y los resultados obtenidos con una 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.</p> <p>La calificación de esta materia será la media ponderada de los dos valores anteriores siempre que la calificación de cada examen sea <math>\geq 4.0</math> (sobre 10) y la correspondiente al laboratorio sea <math>\geq 5.0</math> (sobre 10).</p> |              |     |

| <b>Evaluación: MECÁNICA Y ONDAS</b>   |              |      |
|---|--------------|------|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 30%  |
| Examen escrito al final de cada cuatrimestre.   |              |      |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | 70%  |
| <p>Evaluación del trabajo realizado en el laboratorio y del análisis que del mismo se realice en los informes. En algunas de las prácticas se pedirá al alumno el informe al final de la sesión y en otras en la sesión siguiente. 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.</p> <p>La calificación de esta materia será la media ponderada de los dos valores anteriores siempre que la calificación de cada examen sea <math>\geq 4.0</math> (sobre 10) y la correspondiente al laboratorio sea <math>\geq 5.0</math> (sobre 10).</p> |              |      |
| <b>Evaluación: ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO</b>  |              |      |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | 100% |
| <p>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 entregaran 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.</p>   |              |      |
| <b>Evaluación: FÍSICA CUÁNTICA</b>  |              |      |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | 100% |
| <p>La materia Física Cuántica se evaluará a partir del seguimiento del trabajo realizado durante las sesiones de laboratorio (40%) y de los informes sobre las prácticas realizadas (60%), que se entregarán dentro de un plazo máximo de una semana. Información más detallada y específica sobre la presentación de los informes estará disponible en el Campus Virtual de la materia. No habrá examen escrito final.</p> <p>La calificación final de esta materia será la media resultante de las calificaciones obtenidas en cada una de las dos prácticas que deben realizarse (una por sesión), evaluadas independientemente conforme al criterio anterior.</p>   |              |      |

**Calificación final**

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

La calificación final (tanto en la convocatoria de junio como la de septiembre) 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 la convocatoria de junio se guardarán para la convocatoria de septiembre. Los alumnos sólo tendrán que examinarse de las materias NO superadas.

## **4. Fichas de las Asignaturas de Tercer Curso**



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                               |                |                   |                  |        |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física Cuántica II</b>     |                |                   | <b>Código</b>    | 800513 |
| <b>Materia:</b>                | Física Cuántica y Estadística | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                   | <b>Curso:</b>  | 3º                | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5       |
| <b>Horas presenciales</b> | 54    | 29       | 25        |

|                                  |                            |          |               |                     |      |
|----------------------------------|----------------------------|----------|---------------|---------------------|------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Juan M. Rodríguez Parrondo |          |               | <b>Dpto.:</b>       | FAMN |
|                                  | <b>Despacho:</b>           | 216 (3ª) | <b>e-mail</b> | parrondo@fis.ucm.es |      |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |             |   |                                       |   |       |          |       |
|---|------|-------------|---|---------------------------------------|---|-------|----------|-------|
| Grupo   | Aula | Día         | Horario                                   | Profesor                              | Periodo/<br>Fechas                      | Horas | T/P<br>* | Dpto. |
| A   | 1    | L           | 9:00-10:00                                | Francisco J. Cao García               | En función del desarrollo de las clases | 54    | T y P    | FAMN  |
|   |      | M, J        | 9:00-10:30                                | Javier Jarillo Díaz                   |   | 6     | P        | FAMN  |
| B   | 2    | L<br>X<br>J | 10:00-11:30<br>10:30-11:30<br>10:30-12:00 | Miguel Ángel Martín Delgado-Alcántara | Todo el semestre                        | 60    | T y P    | FTI   |
| C   | 1    | M<br>J      | 15:00-17:00<br>16:00-18:00                | Juan M. Rodríguez Parrondo            | Todo el semestre                        | 60    | T y P    | FAMN  |
| D   | 2    | X<br>V      | 16:00-18:00<br>15:00-17:00                | Juan M. Rodríguez Parrondo            | Todo el semestre                        | 60    | T y P    | FAMN  |

\*: T:teoría, P:prácticas

\*\* : Horas semanales promedio, adaptado al calendario y progreso del temario en la asignatura.

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                       |  |                     |                        |
|--|---------------------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Grupo  | Profesor                              | horarios   | e-mail              | Lugar                  |
| A  | Francisco J. Cao García               | Para fijar hora contactar en clase o por e-mail. | francoa@fis.ucm.es  | despacho 214 3ª planta |
|  | Javier Jarillo Díaz                   | Para fijar hora contactar en clase o por e-mail. | jjarillo@ucm.es     | despacho 214 3ª planta |
| B  | Miguel Ángel Martín Delgado-Alcántara | X: 16:00 a 20:00                                 | mardel@fis.ucm.es   | despacho 8 3ª Oeste    |
| C  | Juan M. Rodríguez Parrondo            | M, J: 12:00-13:30 y                              | parrondo@fis.ucm.es | 216 (3ª)               |
| D  |                                       | 18:00-19:30                                      |                     |                        |

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender el significado del operador momento angular y el espín en Física cuántica. Manejar el acoplo de dos momentos angulares.</li> <li>• Entender el concepto de partículas idénticas en mecánica cuántica. Comprender el significado del principio de exclusión de Pauli.</li> <li>• Manejar los métodos básicos de la teoría de perturbaciones independientes del tiempo y aplicarla en diversas situaciones.</li> </ul> |

| Resumen   |
|---|
| 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 $1/r$ . |

| Programa de la asignatura   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Momento angular de espín.</b> 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 <math>s=1/2</math>.<br/>Propiedades generales del espín.</li> <li>• <b>Evolución temporal y medida en sistemas de dos niveles.</b> Representación matricial de operadores. Producto tensorial. Imagen de Heisenberg. Noción de matriz densidad. Entrelazamiento.</li> <li>• <b>Teoría general del momento angular.</b><br/>- Definición general del momento angular. Espectro del operador momento angular. Representación matricial de las componentes del momento angular</li> </ul> |



- 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  $\mathbf{J}=\mathbf{L}+\mathbf{S}$ .

• **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* 3<sup>rd</sup> 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.

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones (2.5 horas semanales en media)</li> <li>• Clases prácticas de problemas (1.5 horas semanales en media)</li> </ul> <p>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.</p> <p>Se suministrará a los estudiantes una colección de problemas con antelación a su resolución en la clase.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> |

| <b>Evaluación</b>  |                  |     |
|--|------------------|-----|
| <b>Examen final</b>  | <b>Peso: (*)</b> | 75% |
| <p>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.</p> <p>Para aprobar la asignatura será necesario obtener una nota mínima compensable en el examen final.</p>   |                  |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso: (*)</b> | 25% |
| <p>En este apartado se valorarán algunas de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de problemas y ejercicios, individuales o en grupo, que podrán realizarse o ser resueltos durante las clases.</li> <li>• Controles y pruebas adicionales, escritas u orales.</li> </ul>   |                  |     |
| <b>Calificación final</b>  |                  |     |
| <p>La calificación final del curso será la mayor de las dos notas siguientes:</p> <p style="margin-left: 40px;">a) examen final.</p> <p style="margin-left: 40px;">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%).</p> <p>En caso de obtener una nota inferior a la mínima compensable en el examen final, la calificación del curso será la de examen final.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |                  |     |

(\*) 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 2016-17)

|                                |                               |                |                   |                  |    |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física Estadística</b>     | <b>Código</b>  | 800514            |                  |    |
| <b>Materia:</b>                | Física Cuántica y Estadística | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                   | <b>Curso:</b>  | 3º                | <b>Semestre:</b> | 1º |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5       |
| <b>Horas presenciales</b> | 54    | 29       | 25        |

|                                  |                         |              |               |                     |  |
|----------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|---------------------|--|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Carlos Fernández Tejero | <b>Dpto:</b> | FAI           |                     |  |
|                                  | <b>Despacho:</b>        | 109          | <b>e-mail</b> | cftejero@fis.ucm.es |  |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |          |             |                          |                         |       |          |       |
|---|------|----------|-------------|--------------------------|-------------------------|-------|----------|-------|
| Grupo   | Aula | Día      | Horario     | Profesor                 | Periodo/<br>Fechas      | Horas | T/P<br>* | Dpto. |
| <b>A</b>  | 1    | L        | 10:00–11:30 | Fernández Tejero, Carlos | Todo el semestre        | 60    | T y P    | FAI   |
|   |      | X        | 10:30-11:30 |                          |                         |       |          |       |
|   |      | J        | 10:30–12:00 |                          |                         |       |          |       |
| <b>B</b>  | 2    | L        | 9:00–10:00  | Relaño Pérez, Armando    | Todo el semestre        | 60    | T y P    | FAI   |
|   |      | M        | 9:00–10:30  |                          |                         |       |          |       |
|   |      | X        | 9:00–10:30  |                          |                         |       |          |       |
| <b>C</b>  | 1    | X<br>V** | 16:00-18:00 | Brito López, Ricardo     | Todo el semestre        | 40    | T        | FAI   |
|   |      |          | 16:30-18:30 | Valeriani, Chantal       | Según avance el temario | 20    | P        |       |
| <b>D</b>  | 2    | M<br>J   | 15:00-17:00 | Brito López, Ricardo     | Todo el semestre        | 45    | T        | FAI   |
|   |      |          | 16.00-18:00 | Relaño Pérez, Armando    | Según avance el temario | 15    | P        |       |

*\*\*Adelantará su horario a las 15:00-17:00 a partir de la cuarta semana (18 octubre)*

*\* Teoría / Prácticas*

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                          |                         |                           |                  |
|---|--------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>          | <b>horarios</b>         | <b>e-mail</b>             | <b>Lugar</b>     |
| <b>A</b>  | Fernández Tejero, Carlos | Martes :<br>10:00-13:00 | cfejero@fis.ucm.es        | Despacho 107-FAI |
| <b>B</b>  | Relaño Pérez, Armando    | L y X:<br>11:30-13.00   | armando.relano@fis.ucm.es | Despacho 105-FAI |
| <b>C</b>  | Brito López, Ricardo     | M y J 13:00-14.30       | brito@fis.ucm.es          | Despacho 114-FAI |
|   | Valeriani, Chantal       | M 13:00-14.30           | cvaleriani@ucm.es         | Despacho 119-FAI |
| <b>D</b>  | Brito López, Ricardo     | M y J<br>13:00-14.30    | brito@fis.ucm.es          | Despacho 114-FAI |
|   | Relaño Pérez, Armando    | L y X<br>11:30-13.00    | armando.relano@fis.ucm.es | Despacho 105-FAI |

### **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.

### **Resumen**

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.

### Programa de la asignatura

#### 1.- Introducción a la Física Estadística

Introducción y objetivos de la asignatura. Conceptos de probabilidad y variables aleatorias. 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.

#### 9.- Introducción a los sistemas con interacción.

Gases reales. Ecuación de van der Waals. Ferromagnetismo. Modelo de Ising.

### 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)

| <b>Recursos en internet</b>   |  |
|---|--|
| <p>Campus Virtual de la UCM:<br/> <a href="https://campusvirtual.ucm.es/paginaAuxiliar/index.html">https://campusvirtual.ucm.es/paginaAuxiliar/index.html</a></p> <p>Experimentos Interactivos relacionados con Física Estadística:<br/> <a href="http://seneca.fis.ucm.es/expint">http://seneca.fis.ucm.es/expint</a><br/> <a href="http://stp.clarku.edu/simulations/">http://stp.clarku.edu/simulations/</a></p> |  |



| <b>Metodología</b>   |  |
|--|--|
| <p>Las actividades de formación consistirán en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se expondrán los conceptos de la asignatura y se realizarán los desarrollos teóricos (2.5 horas/semana).</li> <li>• Clases prácticas de aplicaciones o de resolución de problemas y actividades dirigidas (1.5 horas/semana).</li> </ul> <p>Los estudiantes dispondrán de una colección de problemas desde el principio de curso que cubrirán todos los temas del programa.</p> |  |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 80% |
| <p>Se realizará un examen final eminentemente práctico, consistente en la resolución de ejercicios y problemas. Para su realización, el estudiante podrá disponer de los apuntes de clase y libros de teoría.</p>   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 20% |
| <p>Durante el curso se realizarán actividades de evaluación continua, que pueden suponer hasta un 20% de la nota final.</p>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.8N_{Exámen}+0.2N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>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.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                 |                |                   |                  |    |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física del Estado Sólido</b> | <b>Código</b>  | 800515            |                  |    |
| <b>Materia:</b>                | Física Cuántica y Estadística   | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                     | <b>Curso:</b>  | 3º                | <b>Semestre:</b> | 2º |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5       |
| <b>Horas presenciales</b> | 54    | 29       | 25        |

|                                  |                      |               |                   |
|----------------------------------|----------------------|---------------|-------------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Fernando Sols Lucia  | <b>Dpto:</b>  | FM                |
|                                  | <b>Despacho:</b> 110 | <b>e-mail</b> | f.sols@fis.ucm.es |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |     |             |                                  |                            |       |          |       |
|---|------|-----|-------------|----------------------------------|----------------------------|-------|----------|-------|
| Grupo   | Aula | Día | Horario     | Profesor                         | Periodo/<br>Fechas         | Horas | T/P<br>* | Dpto. |
| <b>A</b>  | 1    | L   | 10:30-12:00 | Francisco Domínguez-Adame Acosta | 14-02-2017<br>a 23-05-2017 | 45    | T/P      | FM    |
|   |      | X   | 10:00-11:00 |                                  |                            |       |          |       |
|   |      | V   | 10:30-12:00 | Elena Díaz García                | 24/05/2017 a<br>02/06/2017 | 9     |          |       |
| <b>B</b>  | 2    | L   | 09:00-10:30 | José Luis Vicent López           | Todo el semestre           | 54    | T/P      | FM    |
|   |      | X   | 09:00-10:00 |                                  |                            |       |          |       |
|   |      | V   | 09:00-10:30 |                                  |                            |       |          |       |
| <b>C</b>  | 1    | M   | 15:00-17:00 | Fernando Sols Lucia              | Todo el semestre           | 54    | T/P      | FM    |
|   |      | J   | 15:00-17:00 |                                  |                            |       |          |       |
| <b>D</b>  | 2    | L   | 15:00-17:00 | Fernando Sols Lucia              | Todo el semestre           | 54    | T/P      | FM    |
|   |      | X   | 15:00-17:00 |                                  |                            |       |          |       |

\*: T:teoría, P:práctica

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                                  |                                 |                     |                           |
|---|----------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>                  | <b>horarios</b>                 | <b>e-mail</b>       | <b>Lugar</b>              |
| <b>A</b>  | Francisco Domínguez-Adame Acosta | L: 08:30-10:30<br>M: 8:30-12:30 | adame@ucm.es        | Despacho 112<br>2ª Planta |
|   | Elena Díaz García                | L y X de 09:30-12:30            | elenadg@ucm.es      | Despacho 107<br>2ª Planta |
| <b>B</b>  | José Luis Vicent López           | L, X y V de 16:30 a 17:30       | jlvicent@fis.ucm.es | Despacho 109<br>2ª Planta |
| <b>C</b>  | Fernando Sols Lucia              | M y X: 09:00-12:00              | f.sols@fis.ucm.es   | Despacho 110<br>2ª Planta |
| <b>D</b>  | Fernando Sols Lucia              |                                 | f.sols@fis.ucm.es   | Despacho 110<br>2ª Planta |

#### **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.

#### **Resumen**

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.



### Programa de la asignatura

**1. Física del Estado Sólido.** 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. Tipos de sólido según el enlace.

**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: calores específicos.

**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 cuasi-libres. Modelo de ligadura fuerte. Tipos de sólidos según la estructura de bandas. Métodos experimentales para el estudio de bandas. Dinámica de electrones: masa efectiva. Electrones y huecos. Resistividad eléctrica. Efecto Hall. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. Sólidos dieléctricos. Respuesta en frecuencias.

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

### Bibliografía

- N.W.Ashcroft & N.D.Mermin, *Solid State Physics* (en rústica, Thomson Press, India 2003)
- F.Domínguez-Adame, *Física del Estado Sólido: Teoría y Métodos Numéricos* (Paraninfo, Madrid 2001): Un buen complemento para estudiantes con afición por el ordenador.
- H.Ibach y H.Lüth , *Solid State Physics* (Springer, Berlin 1993)
- Ch.Kittel, *Introduction to Solid State Physics* 8th Edition (Wiley, N.York 2005); en español, *Introducción a la Física del Estado Sólido* 3ª Ed. Española (Reverté, Barcelona 1993).
- H.P.Myers, *Solid State Physics* (Taylor&Francis, Londres 1997).

### Recursos en internet

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>- Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia.</li> <li>• Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas.</li> </ul> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 75% |
| Se realizará un examen final que se calificará con nota de 1 a 10.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 25% |
| Cada profesor propondrá una serie de actividades que serán evaluadas entre 1 y 10. Esta calificación se guardará hasta el examen final de septiembre  |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>Si <b>E</b> es la nota final del examen y <b>A</b> la nota final de otras actividades, la calificación final <b>CF</b> vendrá dada por la fórmula:</p> <p style="text-align: center;"><b>CF</b> = 0.25*A + 0.75*E para el grupo A</p> <p style="text-align: center;"><b>CF</b> = máx (0.25*A + 0.75*E, E) para los grupos B, C y D</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                 |                |                   |                  |    |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Estructura de la Materia</b> | <b>Código</b>  | 800516            |                  |    |
| <b>Materia:</b>                | Física Cuántica y Estadística   | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                     | <b>Curso:</b>  | 3º                | <b>Semestre:</b> | 2º |

|                           | Total | Teóricos | Prácticos |
|---------------------------|-------|----------|-----------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5       |
| <b>Horas presenciales</b> | 54    | 29       | 25        |

|                                  |                                 |                  |               |                    |
|----------------------------------|---------------------------------|------------------|---------------|--------------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Maria Victoria Fonseca González | <b>Dpto:</b>     | FAMN          |                    |
|                                  | <b>Despacho:</b>                | 228 (3ª central) | <b>e-mail</b> | fonseca@gae.ucm.es |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |             |   |                                  |                    |       |            |       |
|---|------|-------------|---|----------------------------------|--------------------|-------|------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día         | Horario                                   | Profesor                         | Periodo/<br>Fechas | Horas | T/P/S<br>* | Dpto. |
| <b>A</b>  | 1    | L<br>X<br>V | 9:00-10:30<br>9:00-10:00<br>9:00-10:30    | Rodríguez Plaza,<br>María Jesús  | Todo el semestre   | 60    | T, P, S    | FTI   |
| <b>B</b>  | 2    | L<br>X<br>V | 10:30-12:00<br>10:00-11:00<br>10:30-12:00 | Fonseca González,<br>Mª Victoria | Todo el semestre   | 60    | T y P      | FAMN  |
| <b>C</b>  | 1    | L<br>X      | 15:00-17:00<br>15:00-17:00                | Fonseca González,<br>Mª Victoria | Todo el semestre   | 60    | T y P      | FAMN  |
| <b>D</b>  | 2    | M<br>J      | 15:00-17:00<br>15:00-17:00                | Moreno Diaz, Óscar               | Todo el semestre   | 30    | T y P      | FAMN  |
|   |      |             |   | Udías Moinelo, José Manuel       | Todo el semestre   | 30    | T y P      |       |

\*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |   |  |                      |                               |
|---|---|--|----------------------|-------------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>                           | <b>horarios</b>                          | <b>e-mail</b>        | <b>Lugar</b>                  |
| <b>A</b>  | Rodríguez Plaza, María Jesús              | L y X: 12:30 a 14:30<br>V: 11:30 a 13:30 | mjrplaza@fis.ucm.es  | 20, 3 <sup>a</sup><br>Oeste   |
| <b>B</b>  | Fonseca González, M <sup>a</sup> Victoria | L, V: 12:00-13:00<br>y                   | fonseca@gae.ucm.es   | 228, 3 <sup>a</sup><br>centro |
| <b>C</b>  | Fonseca González, M <sup>a</sup> Victoria | L, X: 17:00-18:00                        | fonseca@gae.ucm.es   | 228, 3 <sup>a</sup><br>centro |
| <b>D</b>  | Udías Moinelo, José Manuel                | M, J 17 - 18:30                          | jose@nuc2.fis.ucm.es | 227, 3 <sup>a</sup><br>centro |
|   | Moreno Díaz, Óscar                        | M, J 17 - 18:00                          | osmoreno@uc          | 229, 3 <sup>a</sup>           |

### **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..

### **Resumen**

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.

**Programa de la asignatura**

- 1. Introducción a los átomos polieletrónicos**  
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. Isoespín.
- 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.

| <b>• Bibliografía</b>   |
|---|
| <p><i>Básica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles. Robert Eisberg y Robert Resnick, Wiley 2nd Ed. (1985) ISBN: 047187373X.</i></li> <li>• <i>Física: Fundamentos Cuánticos y Estadísticos. Volumen III. Marcelo Alonso y Edward J. Finn, Addison Wesley 1976, ISBN: 0201002620</i></li> <li>• <i>Introduction to the Structure of Matter: A Course in Modern Physics. John J. Brehm y William J. Mullin. , Wiley, Enero 1989 ISBN: 047160531X</i></li> <li>• <i>Física Cuántica, Carlos Sánchez del Río et al., Pirámide (2008) ISBN 9788436822250.</i></li> </ul> <p><i>Complementaria</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Physics of atoms and molecules, B.H.Bransden, C.J.Joachain, (Longman 1994)</i></li> <li>• <i>Nuclear and Particle Physics, W.S.C.Williams, 1991, Oxford Science Publications. ISBN 0198520468</i></li> <li>• <i>Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane. Wiley, Octubre 1987 (3ª edición), ISBN-10: 047180553X</i></li> <li>• <i>Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics. Francis Halzen y Alan D. Martin, Wiley 1984 ISBN: 0471887412.</i></li> <li>• <i>Física Cuántica II. J. Retamosa. Alcuá, 2010</i></li> <li>• <i>Molecular Quantum Mechanics, Atkins, P.W., (Oxford Univ. Press 1989).</i></li> <li>• <i>Atomic structure, G.K.Woodgate (McGraw Hill).</i></li> <li>• <i>Introduction to High Energy Physics, Donald H. Perkins, Cambridge University Press, Abril 2000 (4ª edición). ISBN: 0521621968.</i></li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Grupo A: <a href="http://teorica.fis.ucm.es/asignaturas.html">http://teorica.fis.ucm.es/asignaturas.html</a></i></li> <li>• <i>Grupo D: <a href="http://nuclear.fis.ucm.es/webgrupo/Educacion.html">http://nuclear.fis.ucm.es/webgrupo/Educacion.html</a></i></li> </ul>  |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos y aplicaciones</li> <li>-Clases prácticas de problemas</li> <li>-Las lecciones de teoría utilizarán la pizarra o proyecciones con ordenador.</li> <li>-Se suministrará a los estudiantes una colección de hojas de problemas para su resolución en la clase.</li> <li>-El profesor recibirá en su despacho a los alumnos en el horario especificado de tutorías, con objeto de resolver dudas, ampliar conceptos, etc.</li> <li>-Además la docencia se complementa con sesiones en el laboratorio experimental y con actividades de simulación en el ordenador.</li> </ul> |

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



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                  |                |                   |                  |        |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------|-------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Laboratorio de Física III</b> |                |                   | <b>Código</b>    | 800517 |
| <b>Materia:</b>                | Laboratorio de Física            | <b>Módulo:</b> | Formación General |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                      | <b>Curso:</b>  | 3º                | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Laboratorio |
|---------------------------|-------|----------|-------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 1.1      | 4.9         |
| <b>Horas presenciales</b> | 70.5  | 9.5      | 61          |

|                                  |                            |        |               |                     |    |
|----------------------------------|----------------------------|--------|---------------|---------------------|----|
| <b>Profesores Coordinadores:</b> | Yanicet Ortega Villafuerte |        |               | <b>Dpto:</b>        | FM |
|                                  | <b>Despacho:</b>           | 126    | <b>e-mail</b> | yanicet@fis.ucm.es  |    |
|                                  | Óscar Martínez Matos       |        |               | <b>Dpto:</b>        | OP |
|                                  | <b>Despacho:</b>           | 01-D20 | <b>e-mail</b> | omartine@fis.ucm.es |    |

| Grupo Teoría | Profesor                   | Dpto. | e-mail             |
|--------------|----------------------------|-------|--------------------|
| <b>A</b>     | Yanicet Ortega Villafuerte | FM    | yanicet@fis.ucm.es |
|              | Alfredo Luis Aina          | OP    | alluis@fis.ucm.es  |
| <b>B</b>     | Yanicet Ortega Villafuerte | FM    | yanicet@fis.ucm.es |
|              | Rosa Weigand Talavera      | OP    | weigand@fis.ucm.es |
| <b>C</b>     | Yanicet Ortega Villafuerte | FM    | yanicet@fis.ucm.es |
|              | Alfredo Luis Aina          | OP    | alluis@fis.ucm.es  |
| <b>D</b>     | Yanicet Ortega Villafuerte | FM    | yanicet@fis.ucm.es |
|              | Rosa Weigand Talavera      | OP    | weigand@fis.ucm.es |



| Horarios de clases teóricas<br>(NOTA: se impartirán durante 3 semanas) |                    |               |      |       |  |
|--|--------------------|---------------|------|-------|--|
| Grupo  | Horarios de clases |               |      |       | Tutorías<br>(horarios y lugar)   |
|  | Día                | Horas         | Aula | Tipo* |  |
| A  | (OP) 26/09         | 16:30-18:00h  | 1    | T     | Yanicet Ortega<br>Villafuerte<br>Desp. 126 planta 2<br>M y X: 10:00 - 13:00                        |
|  | (OP) 28/09         | 9:00-10:30 h  |      |       |  |
|  | (OP) 03/10         | 16:30-18:00h  |      |       |  |
|  | (OP) 05/10         | 9:00-10:30 h  |      |       |  |
|  | (OP) 10/10         | 16:30-18:00 h |      |       |  |
|  | (EM) 17/10         | 16:30-18:00 h |      |       |  |
| B  | (EM) 29/09         | 9:00-10:30h   | 2    | T     | Rosa Weigand<br>Talavera:<br>Desp. O1.D13 planta 1<br>L, M, X de 13 a 15                           |
|  | (OP) 30/09         | 13:30-15:00 h | 1    |       |  |
|  | (OP) 06/10         | 9:00-10:30h   | 2    |       |  |
|  | (OP) 07/10         | 13:30-15:00 h | 1    |       |  |
|  | (OP) 13/10         | 9:00-10:30 h  | 2    |       |  |
|  | (OP) 14/10         | 13:30-15:00 h | 1    |       |  |
| C  | (EM) 26/09         | 15:00-16:30h  | 1    | T     | Alfredo Luis Aina<br>Desp. 220.0 planta 1<br>M 12:00-14:00 h<br>X 13:00-15:00 h<br>J 14:00-16:00 h |
|  | (OP) 30/09         | 15:00-16:30h  |      |       |  |
|  | (OP) 03/10         | 15:00-16:30h  |      |       |  |
|  | (OP) 07/10         | 15:00-16:30h  |      |       |  |
|  | (OP) 10/10         | 15:00-16:30h  |      |       |  |
|  | (OP) 14/10         | 15:00-16:30h  |      |       |  |
| D  | (OP) 27/09         | 13:30-15:00h  | 1    | T     |  |
|  | (OP) 30/09         | 17:00-18:30h  | 2    |       |  |
|  | (OP) 04/10         | 13:30-15:00h  | 1    |       |  |
|  | (OP) 07/10         | 17:00-18:30h  | 2    |       |  |
|  | (OP) 11/10         | 13:30-15:00h  | 1    |       |  |
|  | (EM) 14/10         | 17:00-18:30h  | 2    |       |  |

### HORARIOS DE GRUPOS DE LABORATORIO

**Nota importante:** 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 realizará a través de la automatrícula.**

### AVISO IMPORTANTE PARA ALUMNOS REPETIDORES

Los alumnos que hayan **suspendido la parte de Óptica** en el curso 2014-15 ó en el curso 2015-16 pueden repetirla completamente o acogerse a alguno de los siguientes puntos a)-b). En caso de acogerse a alguno de estos puntos deben indicarlo obligatoriamente al coordinador de la parte de Óptica, Óscar Martínez Matos mandando un correo electrónico a la dirección: [omartine@fis.ucm.es](mailto:omartine@fis.ucm.es)

- a) Si solamente han suspendido el **examen teórico** en el curso **2014-15 ó 2015-16** y la nota de la parte de Óptica es inferior a un 4, deben presentarse únicamente al examen teórico. El resto de las notas de Óptica se conserva para el curso 2016-17. Se puntuará con los porcentajes que se aplican este curso.
- b) Si solamente han suspendido el **ejercicio experimental** en el curso **2014-15 ó 2015-16** deben realizar únicamente el ejercicio experimental. El resto de notas de Óptica se conserva para el curso 2016-17. Se puntuará con los porcentajes que se aplican este curso. Ojo: se han modificado y añadido varias prácticas en el curso 2015-16.

Las calificaciones de los cursos 2014-15 y 2015-16 se guardarán solamente para el curso 2016-17.

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 **obligatoriamente** comunicárselo a la profesora Yanicet Ortega mediante email a la siguiente dirección: ([yanicet@fis.ucm.es](mailto:yanicet@fis.ucm.es)).

El examen final será sobre las prácticas realizadas en el presente curso académico, y la sesión teórica. 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.

| <b>Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b> |   |                     |   |                         |          |
|---|---|---------------------|---|-------------------------|----------|
| <b>Grupo</b>                                    | <b>Horarios de Laboratorios</b>             |                     |   | <b>Nº sesiones</b>      | <b>4</b> |
|   | <b>Días</b>                                 | <b>Horas</b>        | <b>Profesor</b>                                     | <b>Dpto.</b>            |          |
| <b>E1</b>                                       | 18/10, 25/10,<br>08/11, 15/11               | 9.30 - 13.30        | Jorge Spottorno Giner<br>jspottorno@ucm.es          | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E2</b>                                       | 20/10, 27/10,<br>03/11, 10/11               | 9.30 - 13.30        | Elvira M. González<br>cygnus@ucm.es                 | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E3</b>                                       | 22/11, 29/11,<br>13/12, 20/12               | 9.30 - 13.30        | Jorge Spottorno Giner<br>jspottorno@ucm.es          | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E4</b>                                       | 23/11, 30/11,<br>14/12, 21/12               | 9.30 - 13.30        | Rocío Ranchal Sánchez<br>rociran@ucm.es             | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E5</b>                                       | 17/11, 24/11,<br>01/12, 15/12               | 9.30 - 13.30        | Jorge Spottorno Giner<br>jspottorno@ucm.es          | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E6</b>                                       | 18/10, 25/10,<br>08/11, 15/11               | 15:00 -19:00        | Yanicet Ortega Villafuerte<br>yanicet@fis.ucm.es    | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E7</b>                                       | 20/10, 27/10,<br>03/11, 10/11               | 15:00 -19:00        | Yanicet Ortega Villafuerte<br>yanicet@fis.ucm.es    | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E8</b>                                       | 22/11, 29/11,<br>13/12, 20/12               | 15:00 -19:00        | Yanicet Ortega Villafuerte<br>yanicet@fis.ucm.es    | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E9</b>                                       | 23/11, 30/11,<br>14/12, 21/12               | 15:00 -19:00        | Rocío Ranchal Sánchez<br>rociran@ucm.es             | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E10</b>                                      | 17/11, 24/11,<br>01/12, 15/12               | 15:00 -19:00        | Yanicet Ortega Villafuerte<br>yanicet@fis.ucm.es    | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E11</b>                                      | <u>24/10, 31/10,</u><br><u>07/11, 21/11</u> | <u>15:00 -19:00</u> | Jorge Spottorno Giner<br>jspottorno@ucm.es          | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E12<br/>(Doble<br/>Grado)</b>                | <u>19/10, 26/10,</u><br><u>02/11, 16/11</u> | <u>15:00 -19:00</u> | Jorge Spottorno Giner<br>jspottorno@ucm.es          | Física de<br>Materiales |          |
| <b>E13<br/>(Doble<br/>Grado)</b>                | <u>28/11, 12/12,</u><br><u>19/12, 9/1</u>   | <u>15:00 -19:00</u> | Alberto Rivera Calzada<br>alberto.rivera@fis.ucm.es | Física de<br>Materiales |          |

| Laboratorio de Óptica  |  |              |   |      |
|------------------------|--|--------------|---|------|
| Grupo                  | Horarios de Laboratorios   |              | Nº sesiones   | 11   |
|                        | Día  | Horas        | Profesor  | Dpto |
| O1                     | 10/10, 17/10, 24/10<br>31/10, 07/11, 21/11<br>28/11, 05/12, 12/12<br>19/12, 16/01    | 12:30-16:30  | Óscar Martínez (4.4)<br>Rosario Martínez (4.4)                                  | Opt. |
| O2                     | 10/10, 17/10, 24/10<br>31/10, 07/11, 21/11<br>28/11, 05/12, 12/12<br>19/12, 16/01    | 16:30-20:30  | Tatiana Alieva (4.4)<br>Óscar Martínez (4.4)                                    | Opt. |
| O3                     | 04/10, 11/10, 18/10,<br>25/10, 08/11, 15/11,<br>22/11, 29/11, 13/12,<br>20/12, 17/01 | 9:30-13:30 h | Ángel Sanz (4.4)<br>Isabel Gonzalo (4.4)  | Opt. |
| O4                     | 04/10, 11/10, 18/10,<br>25/10, 08/11, 15/11,<br>22/11, 29/11, 13/12,<br>20/12, 17/01 | 14:00-18:00  | Óscar Martínez (4.4)<br>Juan Manuel Soto (4.4)                                  | Opt. |
| O5                     | 05/10, 19/10, 26/10,<br>02/11, 16/11, 23/11,<br>30/11, 07/12, 14/12,<br>21/12, 18/01 | 9:30-13:30   | Mª de la Cruz Navarrete (4.4)<br>Alfredo Luis Aina (4.0)<br>Ángel Sanz (0.4)    | Opt. |
| O6                     | 05/10, 19/10, 26/10,<br>02/11, 16/11, 23/11,<br>30/11, 07/12, 14/12,<br>21/12, 18/01 | 14:00-18:00h | Isabel Gonzalo (4.4)<br>Rosario Martínez (2.4)<br>Mª de la Cruz Navarrete (2.0) | Opt. |
| O7                     | 13/10, 20/10 ,27/10,<br>03/11, 10/11, 17/11,<br>24/11, 01/12, 15/12,<br>22/12, 19/01 | 9:30-13:30h  | Alfredo Luis Aina (4.4)<br>Rosa Weigand (4.4)                                   | Opt  |
| O8<br>(Doble<br>Grado) | 13/10, 20/10 ,27/10,<br>03/11, 10/11, 17/11,<br>24/11, 01/12, 15/12,<br>22/12, 19/01 | 15:00-19:00  | Gemma Piquero (4.4)   | Opt. |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los principios, técnicas de análisis e instrumentos de medida y los fenómenos experimentales de interés en Electricidad y Magnetismo y Óptica.</li> <li>• Adquirir destrezas en el manejo de aparatos e instrumentación.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• Saber analizar los resultados de un experimento y extraer conclusiones usando técnicas estadísticas.</li> </ul> |
| <b>Resumen</b>  |
| Laboratorios de Óptica, y Electricidad y Magnetismo; técnicas de tratamiento de datos; estadística básica.  |

| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
|---|
| <p>Conocimientos básicos de Electricidad y Magnetismo (circuitos de corriente eléctrica, resonancia en ondas electromagnéticas, efecto Hall, ciclo de histéresis de materiales magnéticos)</p> <p>Conocimientos básicos de la asignatura de Óptica (polarización, interferencia, difracción y coherencia)</p> |

| <b>Programa de la asignatura (clases teóricas)</b>  |
|---|
| <p>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.</p> <p>Las sesiones de óptica estarán enfocadas a explicar los conceptos básicos de la óptica geométrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de Imagen en lentes y espejos</li> <li>• Sistemas ópticos</li> <li>• Instrumentos ópticos</li> </ul> |

| <b>Programa de prácticas (Electricidad y Magnetismo)</b> |   | <b>Sesiones</b> |
|--|---|-----------------|
| <b>Grado en Física</b>                                   |   |                 |
| 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               |
| <b>Doble Grado en Física y Matemáticas</b>               |   |                 |
| 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               |

| <b>Programa de prácticas (Óptica)</b> |   | <b>Sesiones</b> |
|---------------------------------------|---|-----------------|
| 1.                                    | Análisis de luz polarizada                  | 1               |
| 2.                                    | Interferómetro de Michelson                 | 1               |
| 3.                                    | Interferómetro de Fabry-Perot               | 1               |
| 4.                                    | Interferómetro de Young                     | 1               |
| 5.                                    | Biprisma de Fresnel                         | 1               |
| 6.                                    | Difracción de Fraunhofer por varios objetos | 1               |
| 7.                                    | Espectroscopía                              | 1               |
| 8.                                    | Lentes y sistemas de lentes                 | 1               |
| 9.                                    | Lupa y microscopio                          | 1               |
| 10.                                   | Visión y telescopios                        | 1               |
| 11.                                   | Ejercicio experimental.                     | 1               |

**Bibliografía***Básica*

- 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).
- E. Hecht y A. Zajac, *Óptica* (Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, EE.UU., 1986).
- J. Casas, *Óptica* (Ed. Librería General, Zaragoza, España, 1994).
- P. M. Mejías Arias , R. Martínez Herrero, *Óptica Geométrica* (Ed. Síntesis 1999)
- J. M. Cabrera, F. J. López y F. Agulló López, *Óptica electromagnética* (Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, EE.UU., 1993).
- M. Born y E. Wolf, *Principles of optics* (Pergamon Press, Oxford, Reino Unido, 1975).
- A.Jenkins y H. E. White, *Fundamental of optics* (McGraw-Hill, New York, EE.UU., 1976).

*Complementaria*

- *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](http://www.ucm.es/info/Astrof/user/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf)

**Recursos en internet**

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

### Metodología

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 “Medida del efecto Hall en plata”, 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*.

Se exigirá a los alumnos que lleven al laboratorio el guión impreso. No se permitirá el uso de dispositivos electrónicos, como *tablets* o móviles, para leer el guión de prácticas durante las sesiones de laboratorio.

#### Óptica

En las sesiones prácticas los alumnos tendrán que entregar al profesor responsable de grupo al finalizar la sesión o, en caso de falta de tiempo, al inicio de la sesión siguiente para su evaluación, la contestación a los puntos de la plantilla (la plantilla está en el guion de prácticas). **ÚNICAMENTE SE EVALUARÁ LA CONTESTACIÓN DE LOS PUNTOS DE LA PLANTILLA**



| <b>Evaluación (Laboratorio de Electricidad y Magnetismo)</b>  |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 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.   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuestionarios de las prácticas.</li> <li>- Informe completo de una práctica entregado en formato de artículo científico.</li> <li>- Participación activa en las sesiones de laboratorio.</li> </ul> <p>La evaluación de esta parte se hará en forma de <i>evaluación continua</i>, valorando tanto el trabajo del alumno como la progresión de sus resultados a lo largo de las sesiones de laboratorio.</p> <p><b>Cada práctica</b> de laboratorio se calificará en una escala máxima de 10 puntos.</p> |              |     |
| <p><b>Los criterios de evaluación en la parte de Electricidad y Magnetismo son los siguientes:</b></p> <p>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 cada una de las dos partes.</p> <p>Para la convocatoria de septiembre se conservarán las actividades que estén aprobadas.</p>  |              |     |

| <b>Evaluación (Laboratorio de Óptica)</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 25% |
| Al final del cuatrimestre se realizará un examen teórico que incluirá los contenidos expuestos en las clases teóricas y en las prácticas.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 75% |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realización de un ejercicio experimental – 40% del total</li> <li>- Evaluación de las prácticas - 25% del total</li> <li>- Realización de los problemas de las clases de teoría – 10%</li> </ul>  |              |     |
| <p><b>Los criterios de evaluación en la parte de Óptica son los siguientes:</b></p> <p>La nota final en la parte de Óptica será la media ponderada entre el examen teórico y las otras actividades de evaluación, siendo requisito indispensable para aprobar la parte de Óptica obtener al menos un 5 en el ejercicio experimental.</p> <p>Para la convocatoria de septiembre se conservarán las actividades que estén aprobadas.</p> |              |     |

**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  $N_{Final} = 2/3 N_{Óptica} + 1/3 N_{Electromagnetismo}$  donde  $N_{Óptica}$  y  $N_{Electromagnetismo}$  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 materias (Electricidad y Magnetismo y Óptica) aprobadas en la convocatoria de febrero se guardarán para la convocatoria de septiembre y para el próximo curso académico. Los alumnos sólo tendrán que examinarse de las materias NO superadas.



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                   |                |                    |                  |    |
|--------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Astrofísica</b>                | <b>Código</b>  | 800507             |                  |    |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Fundamental | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                          | <b>Curso:</b>  | 3º                 | <b>Semestre:</b> | 1º |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2                  |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 14.5               |

|                                  |   |               |                    |  |  |
|----------------------------------|---|---------------|--------------------|--|--|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | África Castillo Morales                 | <b>Dpto:</b>  | FTAAII             |  |  |
|                                  | <b>Despacho:</b> 14, planta baja, oeste | <b>e-mail</b> | acasmor@fis.ucm.es |  |  |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |     |             |                          |         |
|---|------|-----|-------------|--------------------------|---------|
| Grupo   | Aula | Día | Horario     | Profesor                 | Dpto.   |
| <b>A</b>  | 1    | M   | 10:30–12:00 | Cardiel López, Nicolás   | FTAA-II |
|   |      | V   | 09:00–10:30 |                          |         |
| <b>B</b>  | 1    | M   | 17:00–18:30 | Castillo Morales, África | FTAA-II |
|   |      | J   | 14:30–16:00 |                          |         |
| <b>C</b>  | 1    | L   | 13:30–15:00 | Pérez González, Pablo G. | FTAAII  |
|   |      | X   | 13:30–15:00 |                          |         |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                          |   |                    |                                     |
|--|--------------------------|---|--------------------|-------------------------------------|
| Grupo  | Profesor                 | horarios  | e-mail             | Lugar                               |
| <b>A</b>                                     | Pérez González, Pablo G. | L: 16:00-18:00<br>M: 11:00-13:00 y<br>16:00-18:00 | pgperez@ucm.es     | Ala oeste, planta baja, despacho 10 |
| <b>B</b>                                     | Cardiel López, Nicolás   | M: 15:30-18:00<br>X: 10:30-13:00                  | cardiel@ucm.es     | Ala oeste, planta baja, despacho 12 |
| <b>C</b>                                     | Castillo Morales, África | M y J, 10:30-13:30                                | acasmor@fis.ucm.es | Ala oeste, planta baja, despacho 14 |

**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.

**Resumen**

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.

**Programa de la asignatura****I. Introducción**

1. Historia de la Astronomía
2. La Esfera Celeste
3. Telescopios

**II. Planetas**

4. Introducción al Sistema Solar
5. Formación del Sistema Solar
6. Planetas Terrestres
7. Planetas Jovianos
8. Satélites
9. Planetas Extrasolares

**III. Estrellas**

10. El Sol
11. Parámetros Estelares
12. Formación Estelar
13. Evolución Estelar
14. La Muerte de la Estrellas

**IV. Galaxias**

15. La Vía Láctea
16. La Naturaleza de las Galaxias
17. Dinámica y Evolución de Galaxias
18. Galaxias Activas

**V. El Universo**

19. La Estructura del Universo
20. Cosmología

| Bibliografía  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• "Universe", de R.A. Freedman, R.M. Geller y W.J. Kauffmnn III, editorial W.H. Freeman &amp; Co., 10ª edición (2013)</li> <li>• "An Introduction To Modern Astrophysics", de B.W. Carroll y D.A. Ostlie, editorial Addison- Wesley, 2ª edición (2007)</li> <li>• "Fundamental Astronomy", de H. Karttunen y col. editorial Springer, 5ª edición (2007)</li> </ul> |
| Recursos en internet  |
| A través del campus virtual de la asignatura se proporcionarán enlaces actualizados para todos los temas.   |

| Metodología  |
|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura.</li> <li>• Clases prácticas de problemas.</li> </ul> |

| Evaluación   |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| El examen versará sobre los conceptos fundamentales de la asignatura y podrá incluir preguntas de los cuestionarios on-line y pequeños problemas.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 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 septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.  |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Termodinámica del No-Equilibrio</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800508 |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Fundamental      | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                               | <b>Curso:</b>  | 3º                 | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2             |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 11.5          | 3    |

|                                  |                      |         |               |                           |     |
|----------------------------------|----------------------|---------|---------------|---------------------------|-----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Armando Relano Pérez |         |               | <b>Dpto:</b>              | FAI |
|                                  | <b>Despacho:</b>     | 104.bis | <b>e-mail</b> | armando.relano@fis.ucm.es |     |

### Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado

| Grupo | Aula | Día | Horario     | Profesor                       | Dpto. |
|-------|------|-----|-------------|--------------------------------|-------|
| A     | 2    | M   | 9:00-10:30  | Relano Pérez, Armando          | FAI   |
|       |      | J   | 10:30-12:00 |                                |       |
| B     | 2    | M   | 17:00-18:30 | José M. Ortiz de Zárate Leira  | FAI   |
|       |      | J   | 17:00-18:30 |                                |       |
| C     | 11   | X   | 11:00-12:30 | García Villaluenga, Juan Pedro | FAI   |
|       |      | V   | 12:00-13:30 |                                |       |

### Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado

| Grupo | Lugar               | sesiones                           | Profesor                                | Horas | Dpto. |
|-------|---------------------|------------------------------------|---|-------|-------|
| A1    | Aula 1 Informática  | 18 y 25 de mayo<br>10:30-12:00     | Relano Pérez,<br>Armando                | 3     | FAI   |
| A2    | Aula 2 Informática  | 18 y 25 de mayo<br>10:30-12:00     | García Villaluenga,<br>Juan Pedro       | 3     | FAI   |
| B1    | Aula 1 Informática  | 16 y 23 de mayo<br>17:00-18:30     | Relano Pérez,<br>Armando                | 3     | FAI   |
| B2    | Aula 15 Informática | 16 y 23 de mayo<br>17:00-18:30     | Ortiz de Zárate, José<br>M <sup>a</sup> | 3     | FAI   |
| C1    | Aula 1 Informática  | 12 y 19 de mayo<br>14:00-15:30 (*) | Ortiz de Zárate, José<br>M <sup>a</sup> | 3     | FAI   |
| C2    | Aula 15 Informática | 12 y 19 de mayo<br>14:00-15:30 (*) | García Villaluenga,<br>Juan Pedro       | 3     | FAI   |

(\*) Las prácticas en el Aula de Informática se realizarán en lugar de las clases teóricas correspondientes. Los horarios de los grupos C1 y C2 no coinciden con los de las clases teóricas por estar ocupadas las Aulas de Informática.

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                                |                                      |                           |                                 |
|---|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>                | <b>horarios</b>                      | <b>e-mail</b>             | <b>Lugar</b>                    |
| <b>A</b>  | Relaño Pérez, Armando          | L y X:<br>11.30-13:00                | armando.relano@fis.ucm.es | Despacho del profesor (105)     |
| <b>B</b>  | Ortíz de Zárate, Jose María    | X: 16:00 – 17:30<br>V: 10:30 – 12:00 | jmortizz@fis.ucm.es       | Despacho 112.0, 1ª Planta, Este |
| <b>C</b>  | García Villaluenga, Juan Pedro | L: 12:00-13:30<br>X: 12:30-14:00     | juanpgv@fis.ucm.es        | Despacho del profesor (117)     |

### **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.

### **Resumen**

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.

### 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 en sistemas homogéneos**  
Balance entrópico. Ecuaciones fenomenológicas y relaciones recíprocas de Onsager. Rango de validez.
6. **Procesos en sistemas heterogéneos (discontinuos)**  
Balances de masa, carga, energía y entropía. Ecuaciones fenomenológicas y relaciones recíprocas de Onsager. Motores moleculares. Aplicaciones a los efectos electrocinéticos y procesos en membranas.
7. **Procesos en sistemas continuos**  
Balances de masa, carga, momento, energía y entropía. Ecuaciones fenomenológicas y relaciones recíprocas de Onsager. Aplicaciones a procesos isotermos y no isotermos. Transporte de masa en medios reactivos. Reacciones químicas acopladas.
8. **Introducción a los sistemas muy alejados del equilibrio. Régimen no lineal.**  
Estabilidad en sistemas alejados del equilibrio. Bifurcaciones.
9. **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.
10. **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.

#### **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://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.
  - 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.

| <b>Evaluación</b>   |               |     |
|---|---------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso*:</b> | 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. |               |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b>  | 30% |
| Se realizarán las siguientes actividades de evaluación continua:<br>5. Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso, de forma individual o en grupo.  |               |     |
| <b>Calificación final</b>   |               |     |
| 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 septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.   |               |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                   |                |                    |                  |    |
|--------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Mecánica Cuántica</b>          | <b>Código</b>  | 800509             |                  |    |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Fundamental | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                          | <b>Curso:</b>  | 3º                 | <b>Semestre:</b> | 2º |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2                  |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 14.5               |

|                                  |                              |                |               |                    |      |
|----------------------------------|------------------------------|----------------|---------------|--------------------|------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Luis Antonio Fernández Pérez |                |               | <b>Dpto:</b>       | FT-I |
|                                  | <b>Despacho:</b>             | 3, 3ª<br>oeste | <b>e-mail</b> | lsntnfp@fis.ucm.es |      |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |         |        |                            |                                 |                          |       |              |       |
|---|---------|--------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------|--------------|-------|
| Grupo   | Aula    | Día    | Horario                    | Profesor                        | Periodo/<br>Fechas       | Horas | T/P/S*       | Dpto. |
| <b>A</b>  | 2<br>10 | M<br>J | 10:30-12:00<br>9:00-10:30  | Luis Antonio<br>Fernández Pérez | Todo el<br>semestre      | 45    | T y P        | FTI   |
| <b>B</b>  | 2       | L, X   | 17:00-18:30                | Ignazio Scimemi                 | 1ª mitad<br>del semestre | 22.5  | <b>T y P</b> | FTII  |
|   |         |        |                            | Rafael Hernández<br>Redondo     | 2ª mitad<br>del semestre | 22.5  | <b>T y P</b> | FTI   |
| <b>C</b>  | 8<br>11 | L<br>X | 12:00-13:30<br>12:30-14:00 | Luis Manuel<br>González Romero  | Todo el<br>semestre      | 45    | T y P        | FTII  |

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                              |   |                     |                                  |
|---|------------------------------|---|---------------------|----------------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>              | <b>horarios</b>                           | <b>e-mail</b>       | <b>Lugar</b>                     |
| <b>A</b>  | Luis Antonio Fernández Pérez | M y X: 14:30 - 16:30<br>J: 10:30 - 12:30  | lsntnfp@fis.ucm.es  | Despacho 3, planta 3, ala oeste  |
| <b>B</b>  | Ignazio Scimemi              | M: 10:00 - 12:00<br>X y J: 9:00 - 11:00   | ignazios@fis.ucm.es | Despacho 11, planta 2, ala oeste |
|   | Rafael Hernández Redondo     | X-J de 10:00 a 13:00                      | rafahern@fis.ucm.es | Despacho 22, planta 3, ala oeste |
| <b>C</b>  | Luis Manuel González Romero  | L y X : 14:30 - 16:30<br>J: 11:30 - 13:30 | mgromero@fis.ucm.es | Despacho 6, planta 2, ala oeste  |

**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.

**Resumen**

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.

**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 desfases. La sección eficaz total y el teorema óptico. Cálculo de los desfases 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.

| <b>Bibliografía</b>   |
|---|
| <p><b><u>Básica:</u></b><br/>                     L.E. Ballentine, <i>Quantum Mechanics: A Modern Development</i>, World Scientific.<br/>                     C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, <i>Quantum Mechanics Vol. I &amp; II</i>. John Wiley &amp; Sons.<br/>                     A. Galindo y P. Pascual, <i>Mecánica Cuántica Vol. I y II</i>. Eudema Universidad.<br/>                     L. Landau &amp; E.M. Lifshitz, <i>Quantum Mechanics</i>, Buttenworth-Heinemann.<br/>                     A. Messiah, <i>Quantum Mechanics</i>, Dover.<br/>                     L.I. Schiff, <i>Quantum Mechanics</i>, McGraw-Hill.<br/>                     F. Schwabl, <i>Quantum Mechanics</i>, Springer.</p> <p><b><u>Complementaria:</u></b><br/>                     J. Audretsch, <i>Entangled Systems</i>, Wiley-VCH.<br/>                     G. Auletta, M. Fortunato, G. Parisi, <i>Quantum Mechanics</i>, Cambridge University Press.<br/>                     J.L., Basdevant and J. Dalibard <i>Quantum mechanics</i>, Springer<br/>                     D.J. Griffiths, <i>Introduction to quantum mechanics</i>, Prentice Hall<br/>                     K.T. Hecht, <i>Quantum Mechanics</i>, Springer.<br/>                     E. Merzbacher, <i>Quantum Mechanics</i>, John Wiley.<br/>                     J.J. Sakurai, <i>Modern Quantum Mechanics</i>, Addison-Wesley.<br/>                     R. Shankar, <i>Principles of Quantum Mechanics</i>, Plenum Press.</p> |
| <b>Recursos en internet</b>   |
|   |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>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.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>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.</p>  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>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.</p>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será la máxima entre <math>0.7N_{Exámen} + 0.3N_{OtrasActiv}</math> y <math>N_{Exámen}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                |                |                 |                  |    |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física de Materiales</b>    | <b>Código</b>  | 800510          |                  |    |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Aplicada | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                       | <b>Curso:</b>  | 3º              | <b>Semestre:</b> | 1º |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8                |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 13                 |

|                                  |                          |              |               |                  |
|----------------------------------|--------------------------|--------------|---------------|------------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Paloma Fernández Sánchez | <b>Dpto:</b> | FM            |                  |
|                                  | <b>Despacho:</b>         | 115.0        | <b>e-mail</b> | arana@fis.ucm.es |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |        |             |                                      |                          |        |        |       |
|---|------|--------|-------------|--------------------------------------|--------------------------|--------|--------|-------|
| Grupo   | Aula | Día    | Horario     | Profesor                             | Periodo/<br>Fechas       | Horas. | T/P/S* | Dpto. |
| A   | 2    | M<br>V | 10:30-12:00 | Francisco Domínguez-<br>Adame Acosta | 1 <sup>er</sup> semestre | 45     | T/P/S  | FM    |
|   |      |        | 9:00-10:30  |                                      |                          |        |        |       |
| B   | 2    | M<br>J | 17:00-18:30 | Paloma Fernández<br>Sánchez          | 1 <sup>er</sup> semestre | 45     | T/P/S  | FM    |
|   |      |        | 14:30-16:00 |                                      |                          |        |        |       |

\*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                      |                                      |                  |                   |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|
| Grupo  | Profesor                             | horarios                             | e-mail           | Lugar             |
| A  | Francisco Domínguez-<br>Adame Acosta | L: 8:30-12:30<br>M, X: 14:00-15:00   | adame@fis.ucm.es | Despacho 112 - FM |
| B  | Paloma Fernández<br>Sánchez          | M, X, V: 9:30-11:30 y<br>15:30-16:30 | arana@fis.ucm.es | Despacho 115 - FM |

**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.

**Resumen**

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****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.



| <b>Bibliografía</b>   |
|---|
| <p>Bibliografía básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- “Understanding solids. The Science of Materials”. Richard Tilley, Wiley (2004)</li> <li>- “Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Donald Askeland, Paraninfo (2001)</li> </ul> <p>Bibliografía complementaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- “Introduction to Soft Matter”, Ian W. Hamley, Wiley (2000)</li> <li>- “Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications”, Dieter Vollath, Wiley, (2008)</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>   |
| <p>Campus virtual, donde se incluirán los enlaces y otro material de interés para la asignatura.</p>  |

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Clases prácticas de problemas. Durante el curso se propondrán cuestiones prácticas o problemas, que formarán parte de la evaluación continua.</li> </ul> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>El examen consistirá en una serie de cuestiones teóricas y prácticas (de nivel similar a las resueltas en clase).</p> <p>No se permitirá el uso de libros, apuntes u otro material de inspiración.</p>   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>En la evaluación se tendrán en cuenta los ejercicios realizados en clase y la participación en clases, seminarios y trabajos voluntarios.</p>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                |                |                 |                  |    |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física de la Atmósfera</b>  |                | <b>Código</b>   | 800511           |    |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Aplicada | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                       | <b>Curso:</b>  | 3º              | <b>Semestre:</b> | 2º |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 7             | 6    |

|                                  |                     |     |               |               |        |
|----------------------------------|---------------------|-----|---------------|---------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Carlos Yagüe Anguís |     |               | <b>Dpto:</b>  | FTAA-I |
|                                  | <b>Despacho:</b>    | 110 | <b>e-mail</b> | carlos@ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                          |        |
|--|------|------|-------------|--------------------------|--------|
| Grupo  | Aula | Día  | Horario     | Profesor                 | Dpto.  |
| <b>A</b>   | 1    | M, J | 09:00–10:30 | Yagüe Anguís, Carlos     | FTAAI  |
| <b>B</b>   | 1    | L, X | 17:00-18:30 | Maqueda Burgos, Gregorio | FTAAII |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                        |   |                             |       |        |
|--|------------------------|---|-----------------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar                  | sesiones  | Profesor                    | Horas | Dpto.  |
| <b>A1</b>  | Aula 1 de Informática  | 18 de abril; 4, 23 y 30 de mayo (09:00 a 10:30) | Losada Doval, Teresa        | 6     | FTAAI  |
| <b>A2</b>  | Aula 2 de Informática  | 18 de abril; 4, 23 y 30 de mayo (09:00 a 10:30) | Arrillaga Mitxelena, Jon A. | 6     | FTAAI  |
| <b>A3</b>  | Aula 15 de Informática | 18 de abril; 4, 23 y 30 de mayo (09:00 a 10:30) | Rodríguez de Fonseca, Belén | 6     | FTAAI  |
| <b>B1</b>  | Aula 15 de Informática | 19 de abril; 3, 24 y 31 de mayo (17:00-18:30)   | Maqueda Burgos, Gregorio    | 6     | FTAAII |
| <b>B2</b>  | Aula 15 de Informática | 19 de abril; 3, 24 y 31 de mayo (18:30-20:00)   | Maqueda Burgos, Gregorio    | 6     | FTAAII |

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                          |                                      |                 |                                      |
|---|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>          | <b>horarios</b>                      | <b>e-mail</b>   | <b>Lugar</b>                         |
| <b>A</b>  | Yagüe Anguís, Carlos     | Lunes de 9:30 a 12:30h               | carlos@ucm.es   | Despacho 110. 4ª planta (Ala Este)   |
| <b>B</b>  | Maqueda Burgos, Gregorio | M: 10:00-12:00h<br>L,J: 16:00-17:00h | gmaqueda@ucm.es | Despacho 219. 4ª Planta (centro-sur) |

#### **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.

#### **Resumen**

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.

**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. EL 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. Estudio de las Capas de la Atmósfera: Análisis de perfiles verticales de variables meteorológicas.

2. Uso del diagrama interactivo Tensión de vapor-Temperatura

3. Identificación de nubes

4. Análisis de ascensos de parcelas de aire: Efecto Foehn

5. Balance de energía

| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| <p><b><u>BÁSICA</u></b></p> <p>***C.D. Ahrens (2000). <i>Meteorology Today</i>, 6ª edición. West Publ. Co.</p> <p>**J.M. Wallace y P.V. Hobbs (1977, 1ª edición; 2006, 2ª edición). <i>Atmospheric Science: An Introductory Survey</i>. Academic Press. Elsevier</p> <p><b><u>COMPLEMENTARIA</u></b></p> <p>*R.B. Stull (2000). <i>Meteorology for Scientists and Engineers</i>, 2ª edición. Brooks/Cole Thomson Learning.</p> <p>*I. Sendiña Nadal y V. Pérez Muñuziri (2006). <i>Fundamentos de Meteorología</i>. Academic Press. Universidad de Santiago de Compostela (Servicio Publicaciones).</p> <p>*M. Ledesma Jimeno (2011). <i>Principios de Meteorología y Climatología</i>. Ediciones Paraninfo S.A.</p> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| <i>Campus virtual</i>  |

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la Física de la Atmósfera, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales y operativas.</li> <li>▪ Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada.</li> <li>▪ Clase prácticas en el Aula de Informática. Se realizarán 4 sesiones prácticas (de 90 minutos cada una) para reforzar los conocimientos teóricos adquiridos.</li> </ul> <p>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.</p> <p>Las presentaciones de las lecciones, así como la lista de problemas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual con antelación suficiente.</p> <p>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.</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>Se realizará un examen tipo test (al acabar el tema 4) y un examen final. El examen final comprenderá preguntas tipo test, preguntas cortas de razonamiento teórico-práctico y problemas. La calificación final, relativa a exámenes, <math>N_{Final}</math>, se obtendrá de la mejor de las opciones:</p> $N_{Final} = 0.3N_{Ex\_Test} + 0.7N_{Ex\_Final}$ $N_{Final} = N_{Ex\_Final}$ <p>donde <math>N_{Ex\_Test}</math> es la nota obtenida en el test y <math>N_{Ex\_Final}</math> es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10.</p> <p>Para la realización de los exámenes el alumno no podrá consultar ningún tipo de material.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>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.</p>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>La calificación final será la mejor de las opciones:</p> $C_{Final} = 0.7N_{Final} + 0.3N_{OtrasActiv}$ $C_{Final} = N_{Final}$ <p>donde <math>N_{OtrasActiv}</math> es la calificación correspondiente a Otras Actividades y <math>N_{Final}</math> la obtenida en la realización de los exámenes.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>  |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física de la Tierra</b>     |                |                 | <b>Código</b>    | 800512 |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Aplicada | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                       | <b>Curso:</b>  | 3º              | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 8.5           | 4.5  |

|                                  |                         |     |               |                    |        |
|----------------------------------|-------------------------|-----|---------------|--------------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | María Luisa Osete López |     |               | <b>Dpto:</b>       | FTAA-I |
|                                  | <b>Despacho:</b>        | 114 | <b>e-mail</b> | mlosete@fis.ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                                   |       |
|---|------|------|-------------|-----------------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                          | Dpto. |
| A   | 1    | M, J | 10:30-12:00 | Osete López, M <sup>a</sup> Luisa | FTAAI |
| B   | 1    | M, J | 17:00-18:30 | Herraiz Sarachaga, Miguel         | FTAAI |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |            |   |                                   |       |        |
|--|------------|---|-----------------------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar      | sesiones                                    | Profesor                          | Horas | Dpto.  |
| A1   | 15         | 4 abril: 10:30-12:00<br>9 mayo: 10:30-12:00 | Osete López, M <sup>a</sup> Luisa | 4.5   | FTAA-I |
|  | Visita IGN | 25 mayo: 10:30-12:00                        |                                   |       |        |
| A2   | AI2        | 4 abril: 10:30-12:00<br>9 mayo:10:30-12:00  | Negredo Moreno, Ana               | 4.5   | FTAA-I |
|  | Visita IGN | 25 mayo: 10:30-12:00                        |                                   |       |        |
| A3   | 15         | 4 abril: 10:30-12:00<br>9 mayo:10:30-12:00  | Molina Cardín, Alberto            | 4.5   | FTAA-I |
|  | Visita IGN | 25 mayo: 10:30-12:00                        |                                   |       |        |
| B1   | 15         | 4 abril: 17:00-18:30<br>9 mayo: 17:00-18:30 | Negredo Moreno, Ana               | 4.5   | FTAA-I |
|  | Visita IGN | 25 mayo: 17:00-18:30                        |                                   |       |        |
| B2   | AI2        | 4 abril: 17:00-18:30<br>9 mayo: 17:00-18:30 | Molina Cardín, Alberto            | 4.5   | FTAA-I |
|  | Visita IGN | 25 mayo: 17:00-18:30                        |                                   |       |        |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                    |                                  |                     |              |
|--|------------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------|
| Grupo  | Profesor                           | horarios                         | e-mail              | Lugar        |
| A  | Osete López, M <sup>a</sup> Luisa  | L: 15.00-18.00                   | mlosete@fis.ucm.es  | Despacho 114 |
| B  | Herraiz Sarachaga, Miguel          | J: 9.30-12-30                    | mherraiz@fis.ucm.es | Despacho 109 |
| C  | Negredo Moreno, Ana M <sup>a</sup> | X: 11:30-13:00<br>V: 11:30-13:00 | anegredo@fis.ucm.es | Despacho 105 |



**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.)

**Resumen**

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

### 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 (15).

**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. Visita al Instituto Geográfico Nacional. Sección de volcanología.** Seguimiento Volcánico. Crisis volcánicas en Canarias.

### 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 curso 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   |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| El examen consistirá en una serie de cuestiones teóricas y prácticas (de nivel similar a las resueltas en clase). La calificación obtenida será $N_{\text{examen}}$ .  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 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 ( <i>NOtrasActiv</i> ) aquellos alumnos que hayan asistido como mínimo a un 70% de las clases.  |              |     |
| Calificación final   |              |     |
| La calificación final será la mejor de las opciones:<br>$C_{\text{Final}} = 0.7N_{\text{examen}} + 0.3N_{\text{OtrasActiv}}$ $C_{\text{Final}} = N_{\text{examen}}$ <p>Donde <math>N_{\text{OtrasActiv}}</math> es la calificación correspondiente a Otras Actividades y <math>N_{\text{examen}}</math> la obtenida en la realización del examen.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                     |                  |             |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Mecánica de Medios Continuos</b> | <b>Código</b>    | 800518      |
| <b>Materia:</b>                | Formación Transversal               | <b>Módulo:</b>   | Transversal |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                            | <b>Curso:</b>    | 3º          |
|                                |                                     | <b>Semestre:</b> | 1º          |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2                  |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 14.5               |

|                                  |                         |              |                 |
|----------------------------------|-------------------------|--------------|-----------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Gregorio Maqueda Burgos | <b>Dpto:</b> | FTAAII          |
|                                  | <b>Despacho:</b>        | 219.0        | <b>e-mail</b>   |
|                                  |                         |              | gmaqueda@ucm.es |

| Grupo    | Profesor                | T/P/S/L* | Dpto.  | e-mail          |
|----------|-------------------------|----------|--------|-----------------|
| <b>A</b> | Gregorio Maqueda Burgos | T/P      | FTAAII | gmaqueda@ucm.es |

\*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios, L:laboratorios

| Teoría/Prácticas/Semiarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |               |                         |         |
|--|------|------|---------------|-------------------------|---------|
| Grupo  | Aula | Día  | Horario       | Profesor                | Dpto.   |
| <b>A</b>   | 1    | L, J | 12:00 - 13:30 | Gregorio Maqueda Burgos | FTAA-II |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                         |                                      |                 |                |
|--|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------|
| Grupo  | Profesor                | horarios                             | e-mail          | Lugar          |
| <b>A</b>                                     | Gregorio Maqueda Burgos | M: 10:00-12:00h<br>L,J: 16:00-17:00h | gmaqueda@ucm.es | 219.0 – 4ª Pl. |

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Adquirir destrezas para poder aplicarlas en las asignaturas de cuarto curso.</li> <li>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.</li> </ul> |

| Resumen |
|---------|
|---------|

|   |
|---|
| Mecánica de fluidos. Elasticidad. Visco-elasticidad. Plásticos<br>Propagación de ondas. |
|---|

| Conocimientos previos necesarios |
|----------------------------------|
|----------------------------------|

|   |
|---|
| Materias y contenidos del Módulo de formación Básica.<br>Conceptos básicos de la resolución de ecuaciones diferenciales |
|---|

| Programa de la asignatura |
|---------------------------|
|---------------------------|

|   |
|---|
| <p>1.- Conceptos generales:<br/>Características generales del medio continuo. Hipótesis de continuidad. Introducción al cálculo tensorial.</p> <p>2.- Análisis de tensiones:<br/>Fuerzas másicas y fuerzas superficiales. Estado de tensión en un punto: principio de Cauchy. Tensor de tensiones. Tensiones principales y extremas. Círculo de Mohr</p> <p>3.- Cinemática del medio deformable:<br/>Descripción lagrangiana y euleriana. Derivada total. Medidas de la deformación: tensores gradiente de desplazamiento y gradiente de velocidad.</p> <p>4.- Leyes fundamentales:<br/>Conservación de la masa. Conservación del momento. Conservación de la energía. Ecuaciones constitutivas</p> <p>5.- Teoría de la elasticidad lineal<br/>Ecuaciones básicas. Termoelasticidad. Energía de la deformación. Elasticidad plana. Ondas elásticas.</p> <p>6.- Fluidos I:<br/>Estática de fluidos. Cinemática. Deformaciones en un fluido. Viscosidad. Ecuación constitutiva. Ecuación de Navier-Stokes. Ecuación de Bernouilli.</p> <p>7.- Fluidos II:<br/>Flujos potenciales.. Números adimensionales. Incompresibilidad. Ondas de choque. Capa límite. Ondas de gravedad</p> <p>8.- Otros comportamientos:<br/>Comportamiento plástico. Ecuaciones de la plasticidad. Fluidos Viscoelásticos Modelos sencillos</p> |
|---|

| <b>Bibliografía</b>   |
|---|
| <p><b><u>BÁSICA</u></b><br/>Y. C. Fung. A first course in continuum mechanics. Prentice Hall. 1994<br/>P. K . Kundu, y I. M Cohen. Fluid Mechanics. Elsevier. 2008</p> <p><b><u>COMPLEMENTARIA</u></b><br/>G. T. Mase y G. E. Mase. Continuum Mechanics for engineers. CRC Press 1999<br/>F.M. White. Mecánica de Fluidos. McGraw Hill. 1979.</p> |
| <b>Recursos en internet</b>   |
| Campus virtual  |

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>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 discusión en las clases.</p> <p>El CV será utilizado como medio de transmisión de la documentación manejada y como comunicación entre los alumnos y el profesor.</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>Se realizará un examen final. Su calificación se valorará sobre 10.<br/>                     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.</p>  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>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.</p>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>La calificación final será el resultado de la media ponderada de cada uno de los métodos de evaluación según su peso indicado anteriormente:</p> $C_{Final} = 0.70 \cdot N_{Exam} + 0.30 \cdot N_{OA}$ <p>donde <math>N_{Exam}</math> la calificación obtenida en la realización del examen y <math>N_{OA}</math> es la correspondiente a Otras Actividades.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |





## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                    |                |             |                  |        |
|--------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Instrumentación Electrónica</b> |                |             | <b>Código</b>    | 800519 |
| <b>Materia:</b>                | Formación Transversal              | <b>Módulo:</b> | Transversal |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                           | <b>Curso:</b>  | 3º          | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2             |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 10            | 4.5  |

|                                  |                      |       |               |                    |       |
|----------------------------------|----------------------|-------|---------------|--------------------|-------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Germán González Díaz |       |               | <b>Dpto:</b>       | FAIII |
|                                  | <b>Despacho:</b>     | 120.0 | <b>e-mail</b> | germang@fis.ucm.es |       |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |              |                       |       |
|---|------|------|--------------|-----------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario      | Profesor              | Dpto. |
| A   | 1    | M, J | 12:00 -13:30 | González Díaz, Germán | FAIII |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                 |  |                          |       |       |
|--|-----------------|--|--------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar           | sesiones   | Profesor                 | Horas | Dpto. |
| A1   | 210.0<br>3ª Pl. | El horario se fijará llegando a un acuerdo con los alumnos | González Díaz,<br>Germán | 4,5   | FAIII |
| A2   | 210.0<br>3ª Pl. |  | González Díaz,<br>Germán | 4,5   | FAIII |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                       |                               |                |       |
|--|-----------------------|-------------------------------|----------------|-------|
| Grupo  | Profesor              | horarios                      | e-mail         | Lugar |
| A  | González Díaz, Germán | L, M, X, J, V:<br>10:00-11:00 | germang@ucm.es | 107.0 |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir destrezas en diferentes materias transversales para poder aplicarlas en las asignaturas de cuarto curso.</li> <li>• 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.</li> </ul> |

| <b>Resumen</b>                  |
|---------------------------------|
| Circuitos y medidas eléctricas. |

| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
|---|
| Conocimientos de electromagnetismo básico. Circuitos en continua y alterna. Representación fasorial. Circuitos magnéticos. Conocimientos básicos de cristalografía y de teoría de bandas. |

| <b>Programa de la asignatura</b>  |
|---|
| <p><b>Teoría de circuitos:</b><br/>                     El programa PSPICE<br/>                     Leyes de Kirchoff. Thevenin y Norton<br/>                     Circuitos de alterna.<br/>                         El dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia.<br/>                         El diagrama de Bode.<br/>                     Elementos de circuito lineales. Transformadores<br/>                     Circuitos puente<br/>                     Prácticas:<br/>                         Problemas sencillos con PSPICE. Dominio del tiempo y de la frecuencia.</p> <p><b>Amplificadores</b><br/>                     Amplificadores integrados:<br/>                         Amplificador operacional ideal<br/>                         Realimentación<br/>                         Amplificador inversor y no inversor. Impedancias y ganancias.<br/>                         Amplificador de instrumentación.<br/>                     Prácticas:<br/>                         Amplificador de instrumentación. Aplicación a la medida de temperatura mediante resistencia de platino</p> <p><b>Diodos y transistores</b><br/>                     Concepto de semiconductor y tipos.<br/>                     El diodo.<br/>                     Modelo ideal, modelo PSPICE y de pequeña señal<br/>                         Rectificación filtrado y estabilización<br/>                         El diodo como demodulador<br/>                     Los transistores bipolares y MOS: modelos PSPICE. Uso como amplificadores y conmutadores</p> |

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.

Filtros

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  |
|---|
| <p>Neil Storey “Electronics. A systems approach” Pearson 2009</p> <p>James A. Blackburn: Modern instrumentation for scientists and engineers<br/>2001 Springer-Verlag New York, Inc</p> |
| Recursos en internet  |
| <p>Se colocarán apuntes y problemas en el campus virtual</p>  |

| Metodología  |
|--|
| <p>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.</p> <p>Se realizarán prácticas de contenido analógico (esencialmente con amplificadores operacionales) y de contenido digital.</p> <p>Por otra parte se propondrán problemas a los alumnos para que los realicen en casa.</p> |

| Evaluación   |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 60% |
| <p>El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p>   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 40% |
| <p><i>Se obtendrán:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hasta 2 puntos por presentar los problemas propuestos en clase...</li> <li>- Hasta 2 puntos por otros trabajos como son:                             <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Realización de simulaciones PSPICE</i></li> <li><i>Realización de prácticas de laboratorio por los propios alumnos</i></li> <li><i>Demostración ante los demás alumnos de los trabajos de laboratorio</i></li> </ul> </li> </ul> |              |     |
| Calificación final   |              |     |
| <p>La calificación final será la mejor de <math>N_{Final}=0.6N_{Exámen}+0.4N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores o del examen final.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>   |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                             |                |             |                  |    |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------|-------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física Computacional</b> | <b>Código</b>  | 800520      |                  |    |
| <b>Materia:</b>                | Formación Transversal       | <b>Módulo:</b> | Transversal |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                    | <b>Curso:</b>  | 3º          | <b>Semestre:</b> | 1º |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2             |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 10            | 4.5  |

|                                  |                             |    |               |                 |     |
|----------------------------------|-----------------------------|----|---------------|-----------------|-----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | María Jesús Rodríguez Plaza |    |               | <b>Dpto:</b>    | FTI |
|                                  | <b>Despacho:</b>            | 20 | <b>e-mail</b> | mjrplaza@ucm.es |     |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |               |                              |       |
|---|------|------|---------------|------------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario       | Profesor                     | Dpto. |
| <b>A</b>  | 1    | X, V | 12:00 - 13:30 | Rodríguez Plaza, María Jesús | FTI   |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |  |   |  |                                 |       |       |
|--|--|---|--|---------------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar  | sesiones  |  | Profesor                        | Horas | Dpto. |
| <b>L1</b>  | Laboratorio del Departamento de Física Teórica I | 15:00-16:30 h:<br>14/11/2016, 12/12/2016,<br>09/01/2017 |  | Rodríguez Plaza,<br>María Jesús | 4.5   | FTI   |
| <b>L2</b>  |  | 13:00-14:30 h:<br>15/11/2016, 13/12/2016,<br>10/01/2017 |  |                                 | 4.5   |       |
| <b>L3</b>  |  | (cancelado)   |  |                                 | -     |       |
| <b>L4</b>  |  | 18:00-19:30::<br>16/11/2016, 14/12/2016,<br>11/01/2017  |  |                                 | 4.5   |       |

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                              |                       |                 |                     |
|---|------------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>              | <b>horarios</b>       | <b>e-mail</b>   | <b>Lugar</b>        |
| <b>A</b>  | Rodríguez Plaza, María Jesús | L, X y V: 13:30-15:30 | mjrplaza@ucm.es | Despacho 20, 3ª Pl. |

#### **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.

#### **Resumen**

- 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.).

### Programa de la asignatura

#### Métodos numéricos para ecuaciones algebraicas

- Cálculo de los ceros de una función.
- Métodos para sistemas de ecuaciones lineales (factorización QR y método de Gauss, métodos de iteración).
- Método para sistemas de ecuaciones no lineales (Newton-Raphston).

#### Métodos numéricos para problemas diferenciales de valores iniciales

- Métodos de Euler, predicción-corrección, Runge-Kutta, etc. Error y estabilidad absoluta.
- Aplicaciones: movimiento planetario y sistemas caóticos.

#### Métodos numéricos para problemas diferenciales de contorno

- Método del disparo (lineal y no lineal).
- Métodos de diferencias finitas.
- Aplicaciones: problema de contorno para el péndulo.

#### Integración numérica

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

#### Métodos de Monte Carlo

- Sucesiones de números aleatorios (congruencias lineales y de Fibonacci, criterios de calidad).
- Aplicaciones: cálculo de áreas y volúmenes, coeficientes del virial, desintegración nuclear y distribución de Poisson, etc.

#### **Prácticas**

##### 1. Fractales de tipo Newton

Empleo del método de Newton para calcular los ceros de una función dada y las cuencas de atracción de cada una de sus raíces. Obtención de un fractal al representar esas cuencas en el plano complejo

##### 2. Números aleatorios, planos de Marsaglia y encriptación.

Algoritmo de generación de números aleatorios. Visualización de planos de Marsaglia con el generador RANDU.

##### 3. Método del disparo aplicado al movimiento de un péndulo.

Lugar: Laboratorio de Física Computacional.

Cada alumno hará 3 practicas.

### Bibliografía

#### Básica

- P. O. J. Scherer: “Computational physics: simulations of classical and quantum systems”, Springer (Berlín 2010).
- D. Kincaid y W. Cheney: “Análisis numérico”, Addison-Wesley Iberoamericana (Wilmington, DE 1994).
- D. Faires y R. Burdem: “Métodos numéricos”, Thomson (Madrid 2004)
- B. Carnahan, H. A. Luther y J. O. Wilkes: “Cálculo numérico: métodos, aplicaciones” Editorial Rueda (Madrid 1979)..

De estos cuatro textos, sólo el primero incluye métodos de Monte Carlo.

#### Complementaria

Todos los métodos numéricos que se estudian (y otros muchos más) se encuentran en

- W. H. Press, S. Teukolsky, W. Vetterling y B. Flannery: “Numerical recipes in C, The art of scientific computing”, CUP (Cambridge 1992). Todos los libros de la colección “Numerical recipes” tiene los mismos contenidos, si bien cada uno prioriza un determinado lenguaje de programación. Para entender los algoritmos en sí, puede usarse cualquiera de ellos.

La siguiente referencia contiene numerosas aplicaciones a problemas físicos:

- A. L. García: “Numerical methods for physics”, Prentice Hall (Englewood Cliffs, NJ 2000).

### Recursos en internet

Página web pública de la asignatura, accesible desde la página web docente del Departamento de Física Teórica I. En ella se proporcionarán recursos de interés para la asignatura.



### 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.

#### Descripción de las prácticas de Laboratorio

Prácticas con MAPLE (software de manipulación algebraica) destinadas a desarrollar en el alumno su capacidad de efectuar simulaciones y resolver numéricamente problemas relevantes de la Física. Sin perjuicio de que puedan realizarse otras prácticas, se dispone de las siguientes:

- Cálculo de centros de gravedad por el método de Monte Carlo simple.
- Resolución de la ecuación de Kepler por aplicaciones contractivas y punto fijo.
- Cálculo de las energías de estados ligados en potenciales unidimensionales en Física cuántica.
- Integrales impropias por cuadraturas.
- Resolución numérica (órbitas, diagramas de fase, puntos de bifurcación, etc.) del péndulo caótico.
- Cálculo numérico de la precesión del perihelio de Mercurio.
- Solución numérica de problemas diferenciales de contorno no lineales con solución no única: métodos de disparo y de diferencias finitas.

Nota. La elección de Maple es debida a sus facilidades gráficas y a que la UCM tiene licencia de lugar para el mismo.

| Evaluación   |              |      |
|--|--------------|------|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70%  |
| El examen será sobre cuestiones prácticas y problemas.   |              |      |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30 % |
| Pruebas escritas individuales realizadas durante la clase (se concretará más el primer día de clase)   |              |      |
| Calificación final   |              |      |
| <p>La calificación final será</p> $N_{\text{Final}} = 0.7 N_{\text{Exámen}} + 0.3 N_{\text{OtrasActiv}}$ <p>donde <math>N_{\text{Exámen}}</math> y <math>N_{\text{OtrasActiv}}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>Obsérvese que la manera de calificar es única y no dice 'la mejor de las opciones'. Se hace así para obligar al alumno a aprender a programar (mínimamente) y a usar Maple. Para que no haya duda alguna, el alumno que no se presente a las pruebas escritas sólo podrá obtener como máximo un 7 sobre 10 en la calificación final.</p> <p>En la convocatoria extraordinaria de septiembre la manera de calificar será la misma, guardándose la nota de 'otras actividades' obtenida en el curso para septiembre.</p> |              |      |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                |             |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|-------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Estadística y Análisis de Datos</b> |                |             | <b>Código</b>    | 800521 |
| <b>Materia:</b>                | Formación Transversal                  | <b>Módulo:</b> | Transversal |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                               | <b>Curso:</b>  | 3º          | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2             |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 4             | 10.5 |

|                                  |                                      |                      |               |                 |         |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------|-----------------|---------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | M <sup>a</sup> Luisa Montoya Redondo |                      |               | <b>Dpto:</b>    | FTAA-II |
|                                  | <b>Despacho:</b>                     | 6, planta baja oeste | <b>e-mail</b> | mmontoya@ucm.es |         |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |     |             |                                       |        |
|---|------|-----|-------------|---------------------------------------|--------|
| Grupo   | Aula | Día | Horario     | Profesor                              | Dpto.  |
| <b>A</b>  | 1    | X   | 11:00–12:30 | Gorgas García, Francisco Javier       | FTAAII |
|   |      | V   | 12:00–13:30 |                                       |        |
| <b>B</b>  | 4B   | M   | 12:00-13:30 | Montoya Redondo, M <sup>a</sup> Luisa | FTAAII |
|   | 10   | J   | 12:00-13:30 |                                       |        |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |         |   |  |                                       |       |        |
|--|---------|---|--|---------------------------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar   | sesiones  |  | Profesor                              | Horas | Dpto.  |
| <b>L1</b>  | Aula 1  | Todos viernes del semestre (excepto día 17/02/2017) |  | Gorgas García, Francisco Javier       | 10.5  | FTAAII |
| <b>L2</b>  | Aula 15 | Todos martes del semestre                           |  | Montoya Redondo, M <sup>a</sup> Luisa | 10.5  | FTAAII |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                       |  |                    |   |
|--|---------------------------------------|--|--------------------|---|
| Grupo  | Profesor                              | horarios   | e-mail             | Lugar                                   |
| A  | Gorgas García, Fco Javier             | L: 9:00 - 12:00<br>X: 13:00 – 14:00<br>V: 9:00 – 11:00 | jgorgas@fis.ucm.es | Ala oeste<br>planta baja<br>Despacho 13 |
| B  | Montoya Redondo, M <sup>a</sup> Luisa | Lunes:<br>11:00-13:00<br>y<br>14:30-16:00              | mmontoya@ucm.es    | Ala oeste<br>planta baja<br>Despacho 6  |

### 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.

### Resumen

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.

### 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  $\chi^2$
- 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

○

### 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/>



| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Dadas las características de la asignatura, se dedicará aproximadamente la mitad del tiempo a clases de teoría y la otra mitad a resolución de problemas y prácticas.</p> <p>En las lecciones se combinarán las proyecciones con ordenador con la resolución de ejemplos prácticos y problemas en la pizarra. Todo el material proyectado en clase estará disponible en el campus virtual.</p> <p>Los estudiantes dispondrán de los enunciados de los problemas y prácticas con anterioridad a su resolución en clase.</p> <p>Las dudas sobre teoría y problemas de la asignatura podrán ser consultadas en el despacho de los profesores en horario de tutorías.</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 60% |
| <p>El examen, tanto en la convocatoria de junio como en la de septiembre, 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 se permitirá la utilización de apuntes y libros.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 40% |
| <p>Los puntos de este apartado se obtendrán por la entrega de los trabajos realizados en R. Aquellos alumnos que tengan que ir a la convocatoria de septiembre podrán subir la nota de este apartado con entregables al efecto.</p>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>Si <math>E</math> es la nota del examen (ya sea de la convocatoria de junio o de la de septiembre) y <math>A</math> la puntuación obtenida de otras actividades, la calificación final <math>C_F</math> vendrá dada por la fórmula:</p> $C_F = 0.4A + 0.6E$   |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                |             |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|-------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial</b> |                |             | <b>Código</b>    | 800522 |
| <b>Materia:</b>                | Formación Transversal                            | <b>Módulo:</b> | Transversal |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo   | <b>Curso:</b>  | 3º          | <b>Semestre:</b> | 2º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2                  |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 14.5               |

|                                  |                         |    |               |                     |       |
|----------------------------------|-------------------------|----|---------------|---------------------|-------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Gabriel Álvarez Galindo |    |               | <b>Dpto:</b>        | FT-II |
|                                  | <b>Despacho:</b>        | 12 | <b>e-mail</b> | galvarez@fis.ucm.es |       |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |         |     |             |                         |       |
|---|---------|-----|-------------|-------------------------|-------|
| Grupo   | Aula    | Día | Horario     | Profesor                | Dpto. |
| A   | 1       | L   | 12:00–13:30 | Gabriel Álvarez Galindo | FTII  |
|   |         | X   | 12:30–14:00 |                         |       |
| B   | M3<br>6 | M   | 13:00–14:30 | Gabriel Álvarez Galindo | FTII  |
|   |         | J   | 12:30–14:00 |                         |       |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                         |   |                     |   |
|--|-------------------------|---|---------------------|---|
| Grupo  | Profesor                | horarios  | e-mail              | Lugar   |
| A  | Gabriel Álvarez Galindo | 1 <sup>er</sup> semestre:<br>M, X: 9:00–12:00<br>2º semestre:<br>L, X: 9:00–12:00 | galvarez@fis.ucm.es | Módulo oeste,<br>planta 2 <sup>a</sup> ,<br>despacho 12 |
| B  | Gabriel Álvarez Galindo | 1 <sup>er</sup> semestre:<br>M, X: 9:00–12:00<br>2º semestre:<br>L, X: 9:00–12:00 | galvarez@fis.ucm.es | Módulo oeste,<br>planta 2 <sup>a</sup> ,<br>despacho 12 |



**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.

**Resumen**

Geometría diferencial, cálculo tensorial y aplicaciones en la física.

**Conocimientos previos necesarios**

Álgebra, cálculo de una y varias variables, y ecuaciones diferenciales.

**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.

| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Kreyszig, <i>Differential Geometry</i>, Dover (1991).</li> <li>• B.A. Dubrovin, A.T. Fomenko, S.P. Novikov, <i>Modern Geometry–Methods and Applications (Part I. The Geometry of Surfaces, Transformation Groups, and Fields)</i>, Springer (1992).</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| Campus Virtual.  |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría, en las que se explicarán los conceptos fundamentales de la asignatura, ilustrándose con ejemplos y aplicaciones.</li> <li>• Clases prácticas de resolución de problemas.</li> </ul> <p>Las lecciones de teoría y la resolución de problemas tendrán lugar fundamentalmente en la pizarra, aunque podrán ser complementadas con proyecciones con ordenador.</p> <p>El profesor recibirá a los alumnos en el horario especificado de tutorías con objeto de resolver dudas o ampliar conceptos.</p> <p>Se pondrá a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual una colección de problemas con antelación a su resolución en clase.</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 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.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso.  |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| 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 de septiembre se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación. |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                              |                |             |                  |        |
|--------------------------------|------------------------------|----------------|-------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Historia de la Física</b> |                |             | <b>Código</b>    | 800523 |
| <b>Materia:</b>                | Formación Transversal        | <b>Módulo:</b> | Transversal |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                     | <b>Curso:</b>  | 3º          | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2                  |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 14.5               |

|                                  |                                     |     |               |                     |        |
|----------------------------------|-------------------------------------|-----|---------------|---------------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | M <sup>a</sup> Julia Téllez y Pablo |     |               | <b>Dpto:</b>        | FTAA-I |
|                                  | <b>Despacho:</b>                    | 113 | <b>e-mail</b> | jutellez@fis.ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |     |             |                                      |       |
|---|------|-----|-------------|--------------------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día | Horario     | Profesor                             | Dpto. |
| A   | 1    | M   | 12:00–13:30 | Téllez y Pablo, M <sup>a</sup> Julia | FTAAI |
|   |      | V   | 10:30–12:00 |                                      |       |
| B   | 9    | L   | 13:30-15:00 | Téllez y Pablo, M <sup>a</sup> Julia | FTAAI |
|   |      | X   | 13:30-15:00 |                                      |       |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                      |                |                     |                               |
|--|--------------------------------------|----------------|---------------------|-------------------------------|
| Grupo  | Profesor                             | horarios       | e-mail              | Lugar                         |
| A  | Téllez y Pablo, M <sup>a</sup> Julia | M: 10:30-12:00 | jutellez@fis.ucm.es | Depho 113, 4 <sup>a</sup> Pl. |
| B  |                                      | X: 12:00-13:30 |                     |                               |

**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.

**Resumen**

Historia y metodología de la Física.

**Conocimientos previos necesarios****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-arábiga. 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. Electroestática. 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.

| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| <p><b>Básica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• W. C. Dampier. <i>Historia de la Ciencia</i>. Tecnos, 1972.</li> <li>• J. Gribbin. <i>Historia de la Ciencia 1543-2001</i>, Crítica, 2006.</li> <li>• D. C. Lindberg. <i>Los inicios de la ciencia occidental</i>, Paidós, 2002.</li> <li>• C. Sánchez del Río. <i>Los principios de la física en su evolución histórica</i>. Editorial Complutense, Madrid, 1986.</li> <li>• A. Udías Vallina. <i>Historia de la Física. De Arquímedes a Einstein</i>, Ed. Síntesis, 2004.</li> </ul> <p><b>Complementaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• F. Chalmers. <i>¿Que es esa cosa llamada ciencia? Siglo XXI</i>, Madrid, 1994.</li> <li>• J. L. González Recio (editor). <i>El taller de las ideas. Diez lecciones de historia de la ciencia</i>". Plaza y Valdés, 2005.</li> <li>• W. Heisenberg. <i>La imagen de la naturaleza en la Física actual</i>. Ariel, 1976.</li> <li>• W. Pauli. <i>Escritos sobre Física y Filosofía</i>. Ed. Debate, 1996.</li> <li>• P. Thuillier. <i>De Arquímedes a Einstein. Las caras ocultas de la investigación científica</i>. Alianza Editorial, 1990.</li> <li>• J. Ziman. <i>La credibilidad de la ciencia</i>. Alianza, Madrid, 1981.</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| <i>Campus virtual</i>  |

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

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>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, <math>N_{Final}</math>, se obtendrá de la mejor de las opciones:</p> $N_{Final} = 0.3N_{Test} + 0.7N_{Ex\_Final}$ $N_{Final} = N_{Ex\_Final}$   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>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, siempre que en dichas fechas haya asistido como mínimo a un 70% de las clases impartidas hasta el momento.</p> <p>Se podrán obtener:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hasta 5 puntos por los ejercicios y comentarios de textos.</li> <li>- Hasta 5 puntos por los ensayos.</li> </ul> <p>Sólo podrán obtener una calificación en este apartado (<math>N_{OtrasActiv}</math>) aquellos alumnos que hayan asistido como mínimo a un 70% de las clases.</p> |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será la mejor de las opciones:</p> $C_{Final} = 0.7N_{Final} + 0.3N_{OtrasActiv}$ $C_{Final} = N_{Final}$ <p>Donde <math>N_{OtrasActiv}</math> es la calificación correspondiente a Otras Actividades y <math>N_{Final}</math> la obtenida en la realización de los exámenes.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>   |              |     |

## **5. Fichas de las Asignaturas de Cuarto Curso**

### **5.1. Asignaturas de la Orientación de Física Fundamental.**



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                   |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física Atómica y Molecular</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800524 |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Fundamental | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                          | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2             |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 8.5           | 6    |

|                                  |                        |          |               |               |       |
|----------------------------------|------------------------|----------|---------------|---------------|-------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Francisco Blanco Ramos |          |               | <b>Dpto:</b>  | FAMYN |
|                                  | <b>Despacho:</b>       | 222 3ªpl | <b>e-mail</b> | pacobr@ucm.es |       |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                         |                            |       |        |       |
|---|------|------|-------------|-------------------------|----------------------------|-------|--------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                | Periodo/<br>Fechas         | Horas | T/P/S* | Dpto. |
| <b>A</b>  | 3    | L, X | 10:30-12:00 | Rosado Vélez, Jaime     | <i>1ª parte</i>            | 12    | T      | FAMN  |
|   |      |      |             | Blanco Ramos, Francisco | <i>Resto asignatura</i>    | 21    | T      |       |
|   |      |      |             | Nievas Rosillo, Mireia  | <i>Todo el semestre **</i> | 6     | P      |       |
| <b>B</b>  | 6    | L, X | 16:30-18:00 | Rosado Vélez, Jaime     | <i>1ª parte</i>            | 12    | T      | FAMN  |
|   |      |      |             | Blanco Ramos, Francisco | <i>Resto asignatura</i>    | 21    | T      |       |
|   |      |      |             | Nievas Rosillo, Mireia  | <i>Todo el semestre **</i> | 6     | P      |       |

\*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

\*\* : Las clases de problemas se irán intercalando a medida que se avance en el temario.



| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |          |   |                              |       |       |
|--|----------|---|------------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar    | sesiones                                | Profesor                     | Horas | Dpto. |
| AB   | A.I. 15  | L 17/10/2016 12:00-13:30                | J.L. Contreras               | 1.5   | FAMN  |
| A  | A. I. 15 | X 19/10/2016 10:30-12:00 <sup>(1)</sup> |                              | 1.5   |       |
| B  | A. I. 15 | X 19/10/2016 16:30-18:00 <sup>(1)</sup> |                              | 1.5   |       |
| AB   | A.I. 15  | V 21/10/2016 13:30-15:00                |                              | 1.5   |       |
| L1   | (2)      | L 12/12/2016 10:30-12:00 <sup>(1)</sup> |                              | 1.5   |       |
| L2   | (2)      | L 12/12/2016 12:00-13:30                | 1.5                          |       |       |
| L3   | (2)      | L 12/12/2016 16:30-18:00 <sup>(1)</sup> | J. L. Contreras<br>M. Nieves | 1.5   |       |
| L4   | (2)      | X 14/12/2016 10:30-12:00 <sup>(1)</sup> |                              | 1.5   |       |
| L5   | (2)      | X 14/12/2016 15:00-16:30                |                              | 1.5   |       |
| L6   | (2)      | X 14/12/2016 16:30-18:00 <sup>(1)</sup> |                              | 1.5   |       |
| L7   | (2)      | J 15/12/2016 13:30-15:00                | M. Nieves                    | 1.5   |       |
| L8   | (2)      | V 16/12/2016 13:30-15:00                |                              | 1.5   |       |
| L9   | (2)      | V 16/12/2016 15:00-16:30                |                              | 1.5   |       |
| L10  | (2)      | V 16/12/2016 16:30-18:00                |                              | 1.5   |       |
| L11  | (2)      | L 19/12/2016 12:00-13:30                |                              | 1.5   |       |
| L12  | (2)      | L 19/12/2016 13:30-15:00                |                              | 1.5   |       |
| L13  | (2)      | M 20/12/2016 13:30-15:00                |                              | 1.5   |       |
| L14  | (2)      | X 21/12/2016 13:30-15:00                |                              | 1.5   |       |

(1) Sesiones en horario de clases de teoría, sustituyen a ésta.

(2) Laboratorio de Fís. Atom. Y Molec. del Departamento.

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                         |                    |                        |        |
|--|-------------------------|--------------------|------------------------|--------|
| Grupo  | Profesor                | horarios           | e-mail                 | Lugar* |
| A, B   | Blanco Ramos, Francisco | L y X 12:00-13:30  | pacobr@fis.ucm.es      | 222    |
|  | Rosado Vélez, Jaime     | L y X 12:00-13:30  | jaime_ros@fis.ucm.es   | 241    |
|  | Nieves Rosillo, Mireia  | J:13:30-14:30      | mnieves@ucm.es         | 217    |
|  | Contreras, José Luis    | L y M,:13:30-15:00 | jlcontreras@fis.ucm.es | 217    |

\* Despachos en 3ª planta de la facultad, módulo central.

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Saber evaluar las principales interacciones dentro de un átomo polielectrónico, entendiendo cómo éstas determinan su descripción, propiedades y niveles de energía.</li> <li>• Conocer los efectos de agentes externos (campos eléctricos, magnéticos y colisiones) sobre los átomos.</li> <li>• Entender la estructura de moléculas diatómicas y poliatómicas.</li> <li>• 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.</li> </ul> |

### Resumen

Átomos polielectrónicos; interacciones electrostática y espín-órbita; acoplamiento de momentos angulares; efectos de campos externos; estructura molecular; moléculas diatómicas y poliatómicas.

### Conocimientos previos necesarios

Son necesarios conocimientos de Fundamentos de Mecánica Cuántica, Teoría de perturbaciones estacionarias y Acoplamiento de momentos angulares, que se habrán adquirido en las asignaturas de Física Cuántica I y II.

También será necesario conocer el 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.

### 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:**

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

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>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.</p> <p>En las clases de teoría se utilizarán todos los medios disponibles: pizarra, proyección de transparencias y presentaciones con ordenador.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Según el número de alumnos matriculados se podría proponer también la presentación de trabajos por parte de ellos, en grupo o individualmente</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| Examen final práctico de resolución de ejercicios de nivel similar al estudiado durante el curso, pudiéndose consultar apuntes propios.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| Prácticas, cuya realización es obligatoria para poder aprobar la asignatura. Podrán proponerse también otro tipo de actividades (ejercicios, presentación de trabajos, etc.)   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>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.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> <p>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 de septiembre.</p> |              |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                   |                |                    |                  |    |
|--------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|------------------|----|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Electrodinámica Clásica</b>    |                | <b>Código</b>      | 800525           |    |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Fundamental | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |    |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                          | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 1º |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2                  |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 14.5               |

|                                  |                            |    |               |                    |       |
|----------------------------------|----------------------------|----|---------------|--------------------|-------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Luis Javier Garay Elizondo |    |               | <b>Dpto:</b>       | FT-II |
|                                  | <b>Despacho:</b>           | 16 | <b>e-mail</b> | luisj.garay@ucm.es |       |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                             |       |
|---|------|------|-------------|-----------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                    | Dpto. |
| <b>A</b>  | 3    | M, J | 10:30-12:00 | Garay Elizondo, Luis Javier | FTII  |
| <b>B</b>  | 6    | M, J | 16:30-18:00 | Fernando Sols Lucia         | FM    |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                             |  |                    |                      |
|--|-----------------------------|--|--------------------|----------------------|
| Grupo  | Profesor                    | horarios   | e-mail             | Lugar                |
| <b>A</b>                                     | Garay Elizondo, Luis Javier | 1er. Cuatrimestre:<br>X: 9:00 -13:00 y<br>14:00 – 16:00<br>2º Cuatrimestre:<br>M: 8:00 - 14:00 | luisj.garay@ucm.es | Despacho: 16, FTII   |
| <b>B</b>                                     | Sols Lucia, Fernando        | M: 09:00-12:00<br>X: 09:30-12:00   | f.sols@fis.ucm.es  | Despacho 108.0<br>FM |

**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.

**Resumen**

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, cuadvectores, transformaciones de Lorentz); mecánica de Lagrange y de Hamilton; nociones básicas de cálculo tensorial.

### 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. Alekseev, "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.



| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 80% |
| Examen final escrito.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 20% |
| <p>Una o más de las siguientes, que serán detalladas al principio del curso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso</li> <li>-Participación en clases, seminarios y tutorías</li> <li>-Presentación, oral o por escrito, de trabajos</li> </ul>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>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 de septiembre seguirá la misma pauta de aplicación de la nota de las actividades complementarias que en el caso de la calificación final de la convocatoria de febrero.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                            |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|----------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Astrofísica Estelar</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800529 |
| <b>Materia:</b>                | Astrofísica y Cosmología   | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                   | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.8      | 2.2                |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 27       | 16                 |

|                                  |                       |        |        |                 |        |
|----------------------------------|-----------------------|--------|--------|-----------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Elisa de Castro Rubio |        |        | <b>Dpto:</b>    | FTAAII |
|                                  | <b>Despacho:</b>      | 225/4º | e-mail | elisacas@ucm.es |        |

| Teoría - Detalle de horarios y profesorado |      |      |            |                        |         |
|--|------|------|------------|------------------------|---------|
| Grupo                                      | Aula | Día  | Horario    | Profesor               | Dpto.   |
| A  | 3    | L, V | 9:00-10:30 | De Castro Rubio, Elisa | FTAA-II |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                        |                                 |                 |                 |
|--|------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| Grupo  | Profesor               | Horarios                        | e-mail          | Lugar           |
| A  | De Castro Rubio, Elisa | M: 9:30-11:00<br>J: 15:30-17:00 | elisacas@ucm.es | 225 (4ª planta) |

**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

**Resumen**

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.

**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

|   |
|---|
| <p><b>8 Formación estelar. Protoestrellas y objetos subestelares</b></p> <p>Regiones de formación estelar. Fase de caída libre. Evolución de las protoestrellas. Llegada a la secuencia principal. Enanas marrones</p> <p><b>9 Evolución en la secuencia principal</b></p> <p>ZAMS. Escala de tiempo. Evolución durante la secuencia principal en estrellas masivas y de poca masa</p> <p><b>10 Evolución pos-secuencia principal.</b></p> <p>Gigantes rojas. Rama horizontal. Rama asintótica. Evolución de estrellas muy masivas</p> <p><b>11 Últimas fases de la evolución estelar.</b></p> <p>Nebulosas planetarias. Enanas blancas</p> <p>Supernovas de tipo II. Estrellas de neutrones: estructura interna.</p> <p><b>12 Evolución en cúmulos estelares.</b></p> <p>Diagrama HR en cúmulos galácticos y globulares. Trazas evolutivas e isocronas. Cálculo de la edad</p> <p><b>13.- Evolución de sistemas binarios.</b> Novas. Variables cataclísmicas. Supernovas de tipo Ia.</p> |
|---|

| Bibliografía  |   |
|---|---|
| <p><b>Básica:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis.</i> (1983) D.D. Clayton. McGraw-Hill</li> <li>2. <i>Introduction to Stellar Astrophysics Vol 2. Stellar Structure and Evolution,</i> (1992) E. Böhm-Vitense. Cambridge University Press.</li> <li>3. <i>Theory of stellar structure and evolution.</i> (2010). Prialnik, D .Cambridge University Press</li> <li>4. <i>Stellar Structure and Evolution.</i> (2004) R. Kippenhahn y A. Weigert, Astronomy &amp; Astrophysics Library. Springer-Verlag</li> <li>5. <i>Stellar Interiors. Physical Principles, Structure, and Evolution,</i> (1994)C.J. Hansen y S.D. Kawaler. Astronomy &amp; Astrophysics Library. Springer-Verlag</li> </ol> |   |
| Recursos en internet  |   |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Campus virtual de la asignatura</li> <li>2. Cursos en internet y simuladores: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="http://www.astro.psu.edu/users/rbc/astro534.html">http://www.astro.psu.edu/users/rbc/astro534.html</a></li> <li>• <a href="http://jilawwww.colorado.edu/~pja/stars02/index.html">http://jilawwww.colorado.edu/~pja/stars02/index.html</a></li> <li>• <a href="http://leo.astronomy.cz/sclock/sclock.html">http://leo.astronomy.cz/sclock/sclock.html</a></li> </ul> </li> </ol>   |  |

| <b>Metodología</b>   |              |     |
|--|--------------|-----|
| Clases magistrales. Clases prácticas consistentes en ejercicios a resolver en clase.   |              |     |
| <b>Evaluación</b>  |              |     |
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase)   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| Con el objetivo de realizar una evaluación continua de cada alumno se propondrán obligatoria u opcionalmente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• la realización y entrega de una lista de ejercicios evaluables a trabajar individualmente.</li> <li>• posibles trabajos adicionales.</li> </ul> |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| 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 septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.  |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                   |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Astrofísica Extragaláctica</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800530 |
| <b>Materia:</b>                | Astrofísica y Cosmología          | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                          | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.8      | 2.2                |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 27       | 16                 |

|                                  |                       |                      |               |                      |         |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------|----------------------|---------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Jesús Gallego Maestro |                      |               | <b>Dpto:</b>         | FTAA-II |
|                                  | <b>Despacho:</b>      | 5, planta baja oeste | <b>e-mail</b> | j.gallego@fis.ucm.es |         |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |        |                            |                        |         |
|---|------|--------|----------------------------|------------------------|---------|
| Grupo   | Aula | Día    | Horario                    | Profesor               | Dpto.   |
| A   | 3    | L<br>V | 13:30-15:00<br>12:00-13:30 | Gallego Maestro, Jesús | FTAA-II |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                        |               |                      |                                      |
|--|------------------------|---------------|----------------------|--------------------------------------|
| Grupo  | Profesor               | horarios      | e-mail               | Lugar                                |
| A  | Gallego Maestro, Jesús | V 10:00-12:00 | j.gallego@fis.ucm.es | Despacho 5, planta baja módulo oeste |

**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.

**Resumen**

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.

**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 cosmológico.



| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| <p><b>Básica:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>An Introduction to Galaxies and Cosmology</i>, M.H.Jones &amp; J.A. Lambourne, The Open University-Cambridge, edición 2007 (primera en 2003).</li> <li>2. <i>Extragalactic Astronomy &amp; Cosmology, An Introduction</i>, P.Schneider, Springer, edición 2006.</li> <li>3. <i>An Introduction to Modern Astrophysics</i>, B.W.Carroll &amp; D.A.Ostlie, Pearson-Addison Wesley, 2007.</li> </ol> <p><b>Complementaria:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. <i>Galaxy Formation and Evolution</i>, H.Mo, F.vandenBosch, S.White, Cambridge, 2010.</li> <li>5. <i>Galactic Astronomy</i>, J.Binney &amp; M.Merrifield, Princeton, 1998.</li> <li>6. <i>Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei</i>, D. Osterbrock, University Science Books, 2006.</li> </ol> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Campus virtual.</li> <li>2. NED Level 5 en <a href="http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5">http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5</a>.</li> <li>3. ADS en <a href="http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html">http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html</a>.</li> </ol>   |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Clases magistrales. Los ficheros de las presentaciones estarán accesibles a los alumnos.</p> <p>Clase prácticas consistentes en ejercicios a resolver en clase.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>Con el objetivo de realizar una evaluación continua cada alumno y del avance de la clase, se propondrán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tandas de ejercicios evaluables a trabajar en grupo para resolver en clase.</li> <li>• trabajos en grupo sobre artículos científicos relacionados con la asignatura a presentar oralmente o por escrito.</li> </ul>                |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                 |                |                    |                  |   |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------|------------------|---|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Astronomía Observacional</b> | <b>Código</b>  | 800531             |                  |   |
| <b>Materia:</b>                | Astrofísica y Cosmología        | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |   |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                        | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 1 |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.8      | 2.2                |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 27       | 16                 |

|                                  |                        |                |               |                |         |
|----------------------------------|------------------------|----------------|---------------|----------------|---------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | David Montes Gutiérrez |                |               | <b>Dpto:</b>   | FTAA-II |
|                                  | <b>Despacho:</b>       | 233, 4ª planta | <b>e-mail</b> | dmontes@ucm.es |         |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |        |                            |                         |         |
|---|------|--------|----------------------------|-------------------------|---------|
| Grupo   | Aula | Día    | Horario                    | Profesor                | Dpto.   |
| A   | 6    | L<br>J | 15:00-16:30<br>18:00-19:30 | Montes Gutiérrez, David | FTAA-II |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                          |  |                              |       |         |
|--|--------------------------|--|------------------------------|-------|---------|
| Grupo  | Lugar                    | sesiones                                 | Profesor                     | Horas | Dpto.   |
| LA1  | Lab. Astrof. (5ª planta) | 10/10/2016 a 19/01/2017<br>X 18:00-19:30 | Catalán Torrecilla, Cristina | 16    | FTAA-II |
| LA2  | Lab. Astrof. (5ª planta) | 10/10/2016 a 19/01/2017<br>J 18:00-19:30 | Montes Gutiérrez, David      | 16    | FTAA-II |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                         |                    |                |                            |
|--|-------------------------|--------------------|----------------|----------------------------|
| Grupo  | Profesor                | horarios           | e-mail         | Lugar                      |
| A  | Montes Gutiérrez, David | L, X por la tarde, | dmontes@ucm.es | Despacho 233<br>4ª planta. |

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

Los objetivos de esta asignatura son que el alumno adquiera una serie de conocimientos básicos en Astronomía de posición, en la observación astronómica y sobre los instrumentos y detectores que se utilizan en la observación astronómica. Al final de la asignatura el alumno debe ser capaz de realizar observaciones astronómicas sencillas y entender las diferentes técnicas observacionales.

**Resumen**

Conceptos básicos de astronomía de posición. Conceptos básicos de la observación astronómica. Fundamentos de telescopios ópticos. Fundamentos de detectores. Iniciación a la observación.

**Conocimientos previos necesarios**

Conocimientos básicos de Astrofísica. Se recomienda haber cursado la asignatura "Astrofísica" del tercer curso de grado.

**Programa de la asignatura**

1. Conceptos básicos de astronomía de posición
  - 1.1. Esfera celeste, coordenadas y transformaciones.
  - 1.2. Movimiento diurno y annual.
  - 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/](http://www.ucm.es/info/Astrof/docencia/ast_obs_grado/)
- Recopilación de enlaces de interés en  
<http://www.ucm.es/info/Astrof/>

| <b>Metodología</b>   |  |
|--|--|
| <p>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.</p> |  |

| <b>Evaluación</b>   |              |            |
|---|--------------|------------|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | <b>70%</b> |
| <p>El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p>  |              |            |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | <b>30%</b> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realización de prácticas de laboratorio.</li> <li>- Informe de las prácticas realizadas.</li> </ul>  |              |            |
| <b>Calificación final</b>   |              |            |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |            |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                          |                |                    |                  |   |
|--------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------|------------------|---|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Cosmología</b>        | <b>Código</b>  | 800532             |                  |   |
| <b>Materia:</b>                | Astrofísica y Cosmología | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |   |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                 | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 2 |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.8      | 2.2           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 27       | 10            | 6    |

|                                      |                               |   |               |                      |      |
|--------------------------------------|-------------------------------|---|---------------|----------------------|------|
| <b>Profesor/a<br/>Coordinador/a:</b> | Juan José Ramírez Mittelbrunn |   |               | <b>Dpto:</b>         | FT-I |
|                                      | <b>Despacho:</b>              | 7 | <b>e-mail</b> | juanramil@fis.ucm.es |      |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                               |       |
|---|------|------|-------------|-------------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                      | Dpto. |
| A   | 3    | L, X | 12:00-13:30 | Juan José Ramírez Mittelbrunn | FT-I  |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                           |   |                      |       |       |
|--|---------------------------|---|----------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar                     | sesiones  | Profesor             | Horas | Dpto. |
| A1   | Lab. Física Computacional | 17, 22 y 24 de mayo:<br>12:00-14:00             | Antonio López Maroto | 6     | FT-I  |
| A2   | Lab. Física Computacional | 16, 18 y 22 de mayo<br>16:00-18:00              | Antonio López Maroto | 6     | FT-I  |
| A3   | Lab. Física Computacional | 23, 25 y 26 de mayo<br>16:00-18:00              | Antonio López Maroto | 6     | FT-I  |
| A4   | Lab. Física Computacional | 29 y 30 de mayo y<br>1 de junio:<br>16:00-18:00 | Antonio López Maroto | 6     | FT-I  |

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                               |  |                      |                     |
|---|-------------------------------|--|----------------------|---------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>               | <b>horarios</b>                          | <b>e-mail</b>        | <b>Lugar</b>        |
| A   | Juan José Ramírez Mittelbrunn | L: 11:00 – 13:00<br>X: 14:30 – 18:30     | juanramil@fis.ucm.es | Despacho 7<br>FTI   |
|   | Antonio López Maroto          | M: 15:00 a 17:00<br>J y V: 11:00 a 13:00 | maroto@ucm.es        | Despacho 14<br>FT-I |

#### **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.

#### **Resumen**

- 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.



**Programa de la asignatura****Teoría**

- Fundamentos observacionales: distribución de materia a gran escala, materia oscura, expansión y edad del universo, abundancia de elementos ligeros, radiación del fondo cósmico de microondas.
- Cinemática del universo en expansión: métrica de Robertson-Walker, medida de distancias, propagación de partículas.
- 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.
- Termodinámica del universo en expansión: desacoplamiento y reliquias cosmológicas (materia oscura).
- Nucleosíntesis primordial
- Recombinación y desacoplamiento materia-radiación.
- Problemas del modelo cosmológico estándar y el paradigma inflacionario.
- Perturbaciones cosmológicas: origen y formación de grandes estructuras, anisotropías del fondo cósmico de microondas.
- 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.

| <b>Bibliografía</b>   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• E.W. Kolb and M.S. Turner, <i>The Early Universe</i>, Addison-Wesley, (1990)</li><li>• S. Dodelson, <i>Modern Cosmology</i>, Academic Press (2003)</li><li>• V.F. Mukhanov, <i>Physical Foundations of Cosmology</i>, Cambridge (2005)</li><li>• A.R. Liddle and D.H. Lyth, <i>Cosmological Inflation and Large-Scale Structure</i>, Cambridge (2000)</li><li>• A.R. Liddle, <i>An Introduction to Modern Cosmology</i>, Wiley (2003)</li><li>• T. Padmanabhan, <i>Theoretical Astrophysics, vols: I, II y III</i>, Cambridge (2000)</li><li>• S. Weinberg, <i>Cosmology</i>, Oxford (2008)</li></ul> |
| <b>Recursos en internet</b>   |
| Campus virtual  |

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Clases de teoría y problemas.</li><li>• 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.</li><li>• Se contempla la realización de práctica con ordenador.</li></ul> |

| Evaluación  |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| El examen tendrá cuestiones teóricas y/o problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| Se contempla la posibilidad de realizar prácticas de laboratorio y de ejercicios en clase.  |              |     |
| Calificación final  |              |     |
| <p>La calificación final será la más alta de las siguientes dos opciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>N_{Final} = 0.7N_{Ex} + 0.3N_{Otras}</math>, donde <math>N_{Ex}</math> y <math>N_{Otras}</math> son (en una escala 0 a 10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores</li> <li>• Nota del examen final</li> </ul> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                  |                    |
|--------------------------------|--|------------------|--------------------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Relatividad General y Gravitación</b> | <b>Código</b>    | 800533             |
| <b>Materia:</b>                | Astrofísica y Cosmología                 | <b>Módulo:</b>   | Física Fundamental |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                                 | <b>Curso:</b>    | 4º                 |
|                                |  | <b>Semestre:</b> | 1                  |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.8      | 2.2           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 27       | 11.5          | 4.5  |

|                                  |                      |              |                             |
|----------------------------------|----------------------|--------------|-----------------------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Carmelo Pérez Martín | <b>Dpto:</b> | FTI                         |
|                                  | <b>Despacho:</b>     | FTI, D15     | <b>e-mail</b>               |
|                                  |                      |              | carmelo@elbereth.fis.ucm.es |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                                   |                       |       |       |       |
|--|------|------|-------------|-----------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| Grupo  | Aula | Día  | Horario     | Profesor                          | Periodo/<br>Fechas    | Horas | T/P*  | Dpto. |
| A  | 3    | M, J | 9:00-10:30  | Carmelo Pérez Martín              | Todo el semestre      | 45    | T y P | FT-I  |
| B  | 3    | M, J | 13:30-15:00 | Chinea Trujillo, Francisco Javier | 2ª mitad del semestre | 22,5  | T y P | FT-II |
|  |      |      |             | Garay Elizondo, Luis J.           | 1ª mitad del semestre | 22,5  | T y P | FT-II |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                   |   |                             |                         |
|--|-----------------------------------|---|-----------------------------|-------------------------|
| Grupo  | Profesor                          | horarios  | e-mail                      | Lugar                   |
| A  | Carmelo Pérez Martín              | M y J: 11:00 15:00                              | carmelo@elbereth.fis.ucm.es | Despacho 15<br>3ª Oeste |
| B  | Chinea Trujillo, Francisco Javier | M 18:00-20:30<br>X 16:30-18:00<br>J 18:00-20:00 | chinea@fis.ucm.es           | Despacho 31<br>2ª Oeste |
|  | Garay Elizondo, Luis J.           | X: 9:00 -13:00 y<br>14:00 – 16:00               | luisj.garay@ucm.es          | Despacho 16<br>2ª Oeste |

**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.

**Resumen**

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. Para la realización de prácticas y como ayuda en la resolución de problemas es aconsejable un cierto conocimiento de Maple, que por otro lado es el lenguaje estándar usado en la asignatura de Física computacional, también del Módulo Transversal.

**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. Métricas estáticas y estacionaras. El desplazamiento hacia el infrarrojo. El límite newtoniano. Sistemas localmente inerciales.
5. Geometría (pseudo)riemana. Principio de covariancia general. Algebra 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

#### Básica.

- 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).
- B. F. Schutz: "A first course in general relativity", 2ª edición, Cambridge University Press (2009).

#### Complementaria:

- H. Stephani: "General relativity: An Introduction to the theory of the gravitational field", 2ª edición, Cambridge University Press (1990).
- R. M. Wald: "General relativity", Chicago University Press (1984). Más matemático y de nivel superior que los anteriores. Ha sido el libro de cabecera para muchos relativistas durante las tres últimas décadas.
- C. W. Misner, K. S. Thorn, J. A. Wheeler: "Gravitation", W. H. Freeman (1973). Libro clásico muy original en sus razonamientos. No aconsejable, sin embargo, como primera lectura sobre el tema.

### Recursos en internet

Página web pública de la asignatura, accesible desde la página web docente del Departamento de Física Teórica I. En ella 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, prácticas, de seminario y de laboratorio**. En las teóricas el profesor introducirá los conceptos y desarrollos fundamentales de cada tema. En las prácticas se resolverán ejercicios y ejemplos. En los seminarios y en el laboratorio se desarrollarán, con la ayuda de software dedicado, problemas más largos y avanzados siguiendo un guión que permita al alumno mejorar su comprensión de los temas cubiertos en el programa.

#### **Descripción de las prácticas de Laboratorio**

Con ellas se pretende ayudar a que el alumno adquiera un dominio eficiente de las ecuaciones tensoriales de la Relatividad general y de los tensores que

caracterizan la geometría del espacio-tiempo. Se realizarán con la ayuda del programa de manipulación simbólica Maple y del paquete de cálculo tensorial GRTensor. Sin perjuicio de que se puedan realizar cambios, entre las prácticas a desarrollar se encuentran:

- Estudio de soluciones estáticas con simetría esférica a las ecuaciones de Einstein en el vacío.
- Estudio de soluciones estacionarias con y sin rotación a las ecuaciones de Einstein acopladas a un campo electromagnético.
- Geometrías de Friedman-Robertson-Walker.

Las prácticas de Laboratorio se realizarán en el horario de clase. En caso de problemas de capacidad del laboratorio se habilitarán horas adicionales.

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| Examen sobre cuestiones prácticas y problemas.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| Problemas y ejercicios realizados de forma individual en casa o/y en el aula.   |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| La calificación final se calculará de la siguiente forma:   |              |     |
| <p style="text-align: center;">Calificación = máximo ( Examen,<br/>                     0.7 x Examen + 0.3 x Otras actividades)</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                    |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Plasmas y Procesos Atómicos</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800534 |
| <b>Materia:</b>                | Estructura de la Materia           | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                           | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.6      | 2.4                |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 26       | 17                 |

|                                  |                        |               |               |               |       |
|----------------------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Francisco Blanco Ramos |               |               | <b>Dpto:</b>  | FAMYN |
|                                  | <b>Despacho:</b>       | 222-3ª Planta | <b>e-mail</b> | pacobr@ucm.es |       |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                        |       |
|---|------|------|-------------|------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor               | Dpto. |
| A   | 3    | X, V | 10:30-12:00 | Francisco Blanco Ramos | FAMN  |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                        |                  |                   |                        |
|--|------------------------|------------------|-------------------|------------------------|
| Grupo  | Profesor               | horarios         | e-mail            | Lugar                  |
| A  | Francisco Blanco Ramos | X, V 12:00-13:30 | pacobr@fis.ucm.es | Dpcho 222<br>3ª planta |



**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.

**Resumen**

- 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”.

**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 physics and controlled fusion*, New York-London: Plenum Press, 1990
- Y.P.Raizer, *Gas discharge physics*, Springer-Verlag, cop. 1991.

**Recursos en internet**

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>En las clases de teoría se utilizarán todos los medios disponibles: pizarra, proyección de transparencias y presentaciones con ordenador.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| El examen constará de varias cuestiones teórico-prácticas y problemas de nivel similar a los resueltos en clase.   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| Ejercicios entregados de forma individual o en grupo.  |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> 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.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                          |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física Nuclear</b>    |                |                    | <b>Código</b>    | 800535 |
| <b>Materia:</b>                | Estructura de la Materia | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                 | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.6      | 2.4           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 26       | 10            | 7    |

|                                  |                        |                 |               |                            |      |
|----------------------------------|------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | José María Gómez Gómez |                 |               | <b>Dpto:</b>               | FAMN |
|                                  | <b>Despacho:</b>       | 225 (3ª planta) | <b>e-mail</b> | gomezjk@nuclear.fis.ucm.es |      |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                         |                 |       |       |       |
|---|------|------|-------------|-------------------------|-----------------|-------|-------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                | Periodo/ Fechas | Horas | T/P * | Dpto. |
| A   | 3    | M, J | 12:00-13:30 | Gómez Gómez, José María | Según progreso  | 20    | T     | FAMN  |
|   |      |      |             | Laura Muñoz Muñoz       | Según progreso  | 18    | T/P   | FAMN  |

\*: T:teoría, P:práctica

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |   |                   |       |       |
|--|---|-------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar/sesiones                                    | Profesor          | Horas | Dpto. |
| A1   | Por determinar (habrá sesiones de mañana y tarde) | Laura Muñoz Muñoz | 7     | FAMN  |
| A2   |   |                   | 7     |       |
| A3   |   |                   | 7     |       |
| A4   |   |                   | 7     |       |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                            |                                   |  |                               |
|--|----------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| Grupo  | Profesor                   | horarios                          | e-mail   | Lugar                         |
| A  | Gómez Gómez,<br>José María | M y J, 17-19 h                    | <a href="mailto:gomezg@nuclear.fis.ucm.es">gomezg@nuclear.fis.ucm.es</a> | Despacho<br>225,<br>3ª planta |
|  | Laura Muñoz<br>Muñoz       | X,: 10:00-13:00<br>V: 15:00-18:00 | <a href="mailto:laura@nuc5.fis.ucm.es">laura@nuc5.fis.ucm.es</a>         | Despacho<br>229,<br>3ª planta |

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender la estructura del núcleo atómico, sus propiedades básicas y ser capaz de modelizar dichas propiedades utilizando tanto modelos microscópicos como semiclásicos.</li> <li>• Familiarizarse con las reacciones nucleares y las aplicaciones de la Física Nuclear.</li> </ul> |

| Resumen  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades y modelización de los núcleos atómicos.</li> <li>• Reacciones nucleares.</li> </ul> |

| Conocimientos previos necesarios   |
|--|
| Es aconsejable haber cursado todas las asignaturas obligatorias hasta tercero del grado en Física. |

**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

6. W. Greiner, J. A. Maruhn: *Nuclear Models*. (North-Holland Pub. Co., 1978)
7. 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  |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 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  |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Examen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Examen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |





## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                               |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Partículas Elementales</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800536 |
| <b>Materia:</b>                | Estructura de la Materia      | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                      | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.6      | 2.4           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 26       | 12            | 5    |

|                                  |                             |                    |               |                   |     |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------|-------------------|-----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | José Alberto Ruiz Cembranos |                    |               | <b>Dpto:</b>      | FTI |
|                                  | <b>Despacho:</b>            | 17<br>3ª Pl. Oeste | <b>e-mail</b> | cembra@fis.ucm.es |     |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |               |                             |       |
|---|------|------|---------------|-----------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario       | Profesor                    | Dpto. |
| A   | 3    | M, J | 12:00 - 13:30 | José Alberto Ruiz Cembranos | FTI   |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                              |                      |                             |       |       |
|--|------------------------------|----------------------|-----------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar                        | sesiones             | Profesor                    | Horas | Dpto. |
| A1   | Lab. Física<br>Computacional | 3 y 4 de abril (*)   | José Alberto Ruiz Cembranos | 5     | FTI   |
| A2   |                              | 24 y 25 de abril (*) |                             |       |       |
| A3   |                              | 8 y 9 de mayo (*)    |                             |       |       |
| A4   |                              | 10 y 11 de mayo (*)  |                             |       |       |

(\*) Todas las sesiones de 15:00 a 18:00h

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                             |                      |                   |                             |
|--|-----------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|
| Grupo  | Profesor                    | horarios             | e-mail            | Lugar                       |
| A  | José Alberto Ruiz Cembranos | M y J:<br>9:00-12:00 | cembra@fis.ucm.es | Despacho 17<br>3ª Pl. Oeste |

**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.

**Resumen**

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.

**Programa de la asignatura****• Introducción:**

Cinemática y leyes de conservación. Sistema de unidades natural. Clasificación somera de las partículas. Secciones eficaces totales, elásticas e inelásticas.

**• Métodos experimentales:**

Aceleradores lineales. Aceleradores circulares y fuentes de luz sincrotrón. Paso de partículas por la materia. Elementos de un detector moderno.

**• Electrodinámica Cuántica:**

Algunos procesos electromagnéticos elementales a primer orden. Dispersión y producción de pares.

**• Espectro hadrónico:**

Extrañeza. Representaciones del grupo SU(3). El modelo quark. Quarks pesados. Espectros del charmonio y el bottomonio.

**• Estructura del nucleón:**

Factores de forma elásticos. Funciones de estructura y modelo de partones.

**• 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.

**• 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.

**• Física del sabor:**

Opciones para el modelo estándar con neutrinos masivos, violación de CP, matriz CKM.

| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| <p><i>Básica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quarks and Leptons: Introductory Course in Modern Particle Physics (F. Halzen, A.D. Martin, John Wiley &amp; sons, 1984).</li> </ul> <p><i>Complementaria</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gauge Theories in Particle Physics: A Practical Introduction, (I. Aitchison y A. Hey, cuarta edición, CRC Press).</li> <li>▪ Introduction to Particle Physics (D. Griffiths, Wiley VCH, 2ª edición revisada, 2008)</li> <li>▪ The Standard Model and Beyond (P. Langacker, CRC Press 2010)</li> <li>▪ Introduction to Quarks and Partons (F. E. Close, Academic Press 1979).</li> <li>▪ Gauge Theory of Elementary Particle Physics (T. Cheng y L.-F. Li, OUP Oxford 1984).</li> <li>▪ Introduction to High Energy Physics, (D. Perkins, cuarta edición, Cambridge Univ. Press, 2000).</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| <p>The Review of Particle Physics <a href="http://pdg.lbl.gov/">http://pdg.lbl.gov/</a></p> <p>Se podrán proporcionar archivos de la asignatura a través del campus virtual.</p>   |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Clases de teoría y fenomenología de física de partículas, incluyendo problemas solubles analíticamente: lección magistral e interactiva en aula con pizarra, con apoyo de transparencias para presentación de resultados empíricos según necesidad.</p> <p>Seminario sobre métodos experimentales en física de partículas: proyección diapositivas.</p> <p>Problemas que requieran solución numérica: aula-laboratorio de física computacional.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>El examen constará de una parte de cuestiones teóricas y prácticas sin apoyo bibliográfico (conocimiento extensivo) seguido de la resolución de un problema a elegir entre dos (conocimiento en profundidad: solamente en esta última parte se podrán consultar referencias)</p> |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>Seguimiento de una colección de problemas y su resolución por parte del alumno, comprobable en las tutorías de la asignatura (10%)</p> <p>Trabajo sobre métodos teóricos o experimentales en física de partículas y su presentación pública en forma de cartel (20%).</p>        |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p>  |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física de la Materia Condensada</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800537 |
| <b>Materia:</b>                | Estructura de la Materia               | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                               | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.6      | 2.4                |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 26       | 17                 |

|                   |                        |     |               |                     |    |
|-------------------|------------------------|-----|---------------|---------------------|----|
| <b>Profesor/a</b> | José Luis Vicent López |     |               | <b>Dpto:</b>        | FM |
|                   | <b>Despacho:</b>       | 109 | <b>e-mail</b> | jlvicent@fis.ucm.es |    |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                        |       |
|---|------|------|-------------|------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor               | Dpto. |
| A   | 3    | M, J | 10:30-12:00 | José Luis Vicent López | FM    |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                        |                                     |                     |                           |
|--|------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Grupo  | Profesor               | horarios                            | e-mail              | Lugar                     |
| A  | José Luis Vicent López | L, V: 12:00-13:00<br>X: 11:00-12:00 | jlvicent@fis.ucm.es | Despacho 109<br>2ª Planta |

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

Adquirir los conocimientos fundamentales sobre los fenómenos cuánticos en los sólidos.

**Resumen**

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).

**Programa de la asignatura**

1. **Teoría cuántica de muchos cuerpos**. Segunda cuantización. Funciones de Green. Diagramas de Feynman. Ecuación de Dyson. Teorema de Wick.
2. **Teoría cuántica del transporte electrónico**. Longitudes características. Efecto Aharonov-Bohm. Conductancia como transmisión. Efecto Hall cuántico. Transición metal-aislante. El hamiltoniano de Hubbard.
3. **Teorías y modelos en materia condensada**. Aproximación de Hartree-Fock. Apantallamiento. Líquidos de Fermi. Excitaciones elementales (Polaritones, Polarones y Excitones). Funcional de la densidad.
4. **Magnetismo**. Teorías de canje indirecto. Susceptibilidad generalizada. Efecto Kondo. Magnones ferro- y antiferromagnéticos (Bogoliubov).
5. **Superconductividad y superfluidez**. Teoría BCS. Efectos cuánticos macroscópicos. Segundo sonido.

| <b>Bibliografía</b>   |
|---|
| <p>Principal:<br/>-M. P. Marder, <i>Condensed Matter Physics</i> (John Wiley, New York, 2000).</p> <p>Complementaria:<br/>- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, <i>Solid State Physics</i> (Holt-Saunders, Philadelphia, 1976).<br/>- C. Kittel, <i>Quantum Theory of Solids</i> (John Wiley, New York, 1963).</p> |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| Clases teóricas generales y ejemplos y ejercicios prácticos. |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| Se realizará un examen final que se calificará con nota de 0 a 10.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 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 de septiembre |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| Si <b>E</b> es la nota final del examen y <b>A</b> la nota final de otras actividades, la calificación final <b>CF</b> vendrá dada por la fórmula:  |              |     |
| $CF = \max(0.30 \cdot A + 0.70 \cdot E, E)$   |              |     |
| La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.   |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                      |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Interacción Radiación-Materia</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800538 |
| <b>Materia:</b>                | Estructura de la Materia             | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                             | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.6      | 2.4           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 26       | 11            | 6    |

|                                  |                            |                 |               |                     |      |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|---------------------|------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Fernando Arqueros Martínez |                 |               | <b>Dpto:</b>        | FAMN |
|                                  | <b>Despacho:</b>           | 223 (3ª planta) | <b>e-mail</b> | arqueros@gae.ucm.es |      |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                            |  |       |
|---|------|------|-------------|----------------------------|--|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                   |  | Dpto. |
| A   | 6    | M, J | 15:00–16:30 | Fernando Arqueros Martínez |  | FAMN  |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |   |  |   |                      |       |       |
|--|---|--|---|----------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar   |  | sesiones                                  | Profesor             | Horas | Dpto. |
| A1   | Laboratorio FAMN<br>3ª Planta<br>Módulo Central |  | 02/11/2016:<br>10:30-13:30<br>15:00-18:00 | Juan Abel Barrio Uña | 6     | FAMN  |
| A2   |   |  | 03/11/2016:<br>10:30-13:30<br>16:30-19:30 |                      | 6     |       |
| A3   |   |  | 04/11/2016:<br>10:30-13:30<br>15:00-18:00 |                      | 6     |       |
| A4   |   |  | 07/11/2016:<br>10:30-13:30<br>15:00-18:00 |                      | 6     |       |

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                            |                                    |                     |                        |
|---|----------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>            | <b>horarios</b>                    | <b>e-mail</b>       | <b>Lugar</b>           |
| <b>A</b>  | Fernando Arqueros Martínez | M 16:30 – 18:00<br>J 16:30 – 18:00 | arqueros@gae.ucm.es | Desp. 223<br>3ª planta |
|   | Juan Abel Barrio Uña       | L, J: 11:30-13:00                  | barrio@gae.ucm.es   | Desp. 221<br>3ª planta |

#### **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.

#### **Resumen**

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.



**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.

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p> <p>Para la realización de la parte de problemas se podrán consultar libros y apuntes de clase.</p>   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>Prácticas de Laboratorio<br/>                     Prácticas de computación<br/>                     Trabajos voluntarios<br/>                     Participación en clase y en Seminarios.<br/>                     Trabajos voluntarios<br/>                     Visitas a Servicios de Radiofísica de Hospitales de Madrid</p>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



# Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                         |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Mecánica Teórica</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800539 |
| <b>Materia:</b>                | Física Teórica          | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2                  |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 14.5               |

|                  |                      |    |               |                             |      |
|------------------|----------------------|----|---------------|-----------------------------|------|
| <b>Profesor:</b> | Carmelo Pérez Martín |    |               | <b>Dpto:</b>                | FT-I |
|                  | <b>Despacho:</b>     | 15 | <b>e-mail</b> | carmelo@elbereth.fis.ucm.es |      |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                      |       |
|---|------|------|-------------|----------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor             | Dpto. |
| A   | 6    | X, V | 15:00-16:30 | Carmelo Pérez Martín | FT-I  |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                      |                    |                             |                       |
|--|----------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Grupo  | Profesor             | horarios           | e-mail                      | Lugar                 |
| A  | Carmelo Pérez Martín | M y J: 11:00 15:00 | carmelo@elbereth.fis.ucm.es | Despacho 15, 3ª Oeste |

**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.

**Resumen**

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.

**Programa de la asignatura**

- 1. Formulación hamiltoniana de la Mecánica Clásica.**  
Espacio de las fases. Ecuaciones canónicas de Hamilton. Transformaciones canónicas. Paréntesis de Poisson. Invariantes canónicos.
- 2. Familia continua de transformaciones canónicas.**  
Generador de la familia. El hamiltoniano transformado por la familia. Simetrías y leyes de conservación en la formulación hamiltoniana. El operador de evolución temporal en Mecánica Clásica
- 3. Teoría de Hamilton-Jacobi.**  
Ecuación de Hamilton-Jacobi. Separación de variables. Condiciones de separabilidad. Variables acción-ángulo en sistemas separables. El problema de Kepler en variables acción-ángulo. Transición a la Mecánica Cuántica.
- 4. Sistemas integrables.**  
Variables dinámicas en involución: teorema de Liouville. Teorema de Arnold. Integrabilidad y separabilidad
- 5. Teoría de perturbaciones.**  
Perturbaciones canónicas y no canónicas. Términos seculares. Método de Lindstedt-Poincaré. Método de Poincaré-von Zeipel. Método de la Transformada de Lie. Invariancia adiabática. Aplicaciones.
- 6. Dinámica no lineal.**  
Oscilaciones no lineales. Del movimiento regular al caótico. Teorema KAM. Aspectos cuantitativos del caos. Ejemplos.

**Bibliografía****Básica**

- F. R. Gantmájér, *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. Leiberman, *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****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.

| Evaluación  |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>Se realizará un examen parcial (P) en horario de clase a mediados del semestre y un examen final que constará de dos partes (F1 y F2) de la asignatura. La nota E obtenida por el alumno en este apartado se calculará entonces de la forma siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si un alumno no ha aprobado el parcial, <math>E = (F1+F2)/2</math></li> <li>• Si un alumno ha aprobado el primer parcial y sólo se presenta a la segunda parte del examen final, <math>E = (P+F2)/2</math></li> </ul> <p>Si un alumno ha aprobado el primer parcial y se presenta a ambas partes del examen final, <math>E = \max((P+F2)/2, (F1+F2)/2)</math>.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>En este apartado se valorarán algunas de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual.</li> <li>• Pruebas escritas individuales realizadas durante las clases.</li> <li>• Presentación de trabajos</li> </ul> <p>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.</p>  |              |     |
| Calificación final  |              |     |
| <p>La calificación final CF obtenida por el alumno se calculará aplicando la siguiente fórmula:</p> $CF = \max(E, 0.7 E + 0.3 A),$ <p>siendo E y A respectivamente las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores, ambas en la escala 0–10.</p> <p>La calificación del apartado <b>Otras actividades de evaluación</b> de la convocatoria ordinaria, será mantenida para la correspondiente convocatoria extraordinaria.</p>  |              |     |





## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                         |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Campos Cuánticos</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800540 |
| <b>Materia:</b>                | Física Teórica          | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2                  |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 14.5               |

|                                  |                         |    |               |                   |                  |
|----------------------------------|-------------------------|----|---------------|-------------------|------------------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Antonio Dobado González |    |               | <b>Dpto:</b>      | Física Teórica I |
|                                  | <b>Despacho:</b>        | 10 | <b>e-mail</b> | dobado@fis.ucm.es |                  |

### Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado

| Grupo | Aula | Día  | Horario     | Profesor                | Dpto. |
|-------|------|------|-------------|-------------------------|-------|
| A     | 3    | X, V | 12:00-13:30 | Antonio Dobado González | FTI   |

### Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

| Grupo | Profesor                | horarios             | e-mail            | Lugar |
|-------|-------------------------|----------------------|-------------------|-------|
| A     | Antonio Dobado González | M y J: 11:30 – 14:30 | dobado@fis.ucm.es | 231   |

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

Conocer la cuantificación de los campos relativistas.

**Resumen**

Teoría cuántica de campos. Cuantificación de campos de espín 0,  $\frac{1}{2}$  y 1 con invariancia gauge mediante el formalismo canónico. Electrodinámica Cuántica.

**Conocimientos previos necesarios**

Cálculo, Álgebra, Variable Compleja, Transformada de Fourier, Espacios de Hilbert, Ecuaciones Diferenciales, Mecánica Cuántica, Relatividad Especial, Mecánica Teórica, Electrodinámica Clásica. Física de Partículas.

| Programa de la asignatura |
|---------------------------|
|---------------------------|

Tema 0: Ecuaciones de Klein-Gordon y de Dirac.

Tema 1: Cuantización del Campo Electromagnético.

Tema 2 : Representaciones del grupo de Lorentz y de Poincaré.

Tema 3: Cuantización canónica covariante de un campo escalar.

Tema 4: Cuantización canónica de campos fermiónicos.

Tema 5: Electrodinámica Cuántica.

Tema 6: Matriz S, secciones eficaces y anchuras de desintegración.

| 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.

| 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  |              |    |
|---|--------------|----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 60 |
| <i>Se realizará un examen final escrito. El examen final tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y/o problemas de nivel similar a los resueltos en clase.</i>  |              |    |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 40 |
| Ejercicios y problemas propuestos durante el curso <b>Peso: 0.4</b>   |              |    |
| Calificación final  |              |    |
| La calificación final será $N_{Final} = \text{Max} (0.6 N_{Examen} + 0.4 N_{OtrasActiv}, N_{Examen} )$ donde $N_{Examen}$ y $N_{OtrasActiv}$ son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores. |              |    |
| La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.   |              |    |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800541 |
| <b>Materia:</b>                | Física Teórica                                   | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo   | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2             |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 0.5           | 14   |

|                                  |                     |        |               |                 |     |
|----------------------------------|---------------------|--------|---------------|-----------------|-----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Víctor Martín Mayor |        |               | <b>Dpto:</b>    | FTI |
|                                  | <b>Despacho:</b>    | 4 FT-I | <b>e-mail</b> | vicmarti@ucm.es |     |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |            |                         |   |       |      |       |  |
|---|------|------|------------|-------------------------|---|-------|------|-------|--|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario    | Profesor                | Periodo/<br>Fechas  | Horas | T/P* | Dpto. |  |
| A   | 3    | M, J | 9:00-10:30 | Carlos Fernández Tejero | Todo el cuatrimestre (jueves), exceptuando el 16 y 23 de Marzo que se impartirán seminarios en el laboratorio | 23    | T/S  | FAI   |  |
|   |      |      |            | Víctor Martín Mayor     | 14, 21 y 28 de febrero<br>7 y 14 de marzo   | 8     | T/P  | FTI   |  |

\*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                               |   |                         |       |       |
|--|-------------------------------|---|-------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar                         | sesiones  | Profesor                | Horas | Dpto. |
| A1   | Lab. Física Computacional FTI | 21 y 28 de marzo<br>4, 18 y 25 de abril<br>9 y 16 de mayo<br>(Martes, de 9:00 a 10:30)                  | Víctor Martín Mayor     | 11    | FTI   |
| A2   | Lab. Física Computacional FTI | 22, 23, 29, 30 de marzo<br>5, 6 y 19 de abril<br>(de 15:00 a 16:30)                                     | Víctor Martín Mayor     | 11    |       |
| A3   | Lab. Física Computacional FTI | 20, 26 y 27 de abril<br>3 y 4 de mayo<br>(de 15:00 a 16:30)<br><br>23 y 30 de mayo<br>(de 9:00 a 10:30) | Víctor Martín Mayor     | 11    |       |
| A4   | Lab. Termología FAI           | 16 y 23 de marzo<br>(de 9:00 a 10:30)   | Carlos Fernández Tejero | 3     | FA-I  |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                         |                         |   |                    |
|--|-------------------------|-------------------------|---|--------------------|
| Grupo  | Profesor                | horarios                | e-mail  | Lugar              |
| A  | Carlos Fernández Tejero | Lunes: de 10:00 a 13:00 | cftejero@fis.ucm.es   | Despacho 109, FA 1 |
|  | Víctor Martín Mayor     | Víctor Martín Mayor     | M, J: 12:00-13:00<br>y 14:00-15<br>X: 9:30-10:30<br>y 14:00 – 15:00 | Despacho 4, FTI    |

#### 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.

#### Resumen

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.

### Programa de la asignatura

#### **Teoría:**

1. Sistemas clásicos con interacción. Estabilidad de fases. Transiciones de fase y puntos críticos. Ecuación de la compresibilidad y generalizaciones. (2 semanas)
2. Diagramas de fases en fluidos simples y mezclas. Opalescencia crítica y separación de fases. (3 semanas)
3. Sistemas complejos: cuasicristales, cristales líquidos, dispersiones coloidales, polímeros. (2 semanas)
4. Métodos de Monte Carlo. Leyes de escala. Escalado de tamaño finito. (2 semanas)

#### **Prácticas**

Práctica en el Laboratorio de Física Computacional: 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)

### 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,

#### **Bibliografía complementaria:**

- 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).
- D.J. Amit, V. Martín Mayor. Fields Theory, the Renormalization Group and Critical Phenomena . 3rd edition, World Scientific, Singapore, (2005).

### Recursos en internet

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>La asignatura constará de clases de teoría, experiencias de cátedra y práctica en el Laboratorio de Física Computacional.</p> <p>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.</p> <p>En las experiencias de cátedra se mostrarán ejemplos reales de comportamiento crítico y separación de fases.</p> <p>En el Laboratorio de Física Computacional 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.</p> <p><i>Antes de comenzar el laboratorio de Física Computacional se ofrecerá una actividad (no evaluable) de introducción básica al Linux.</i></p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 50% |
| <p>Se realizará un examen final, que versará sobre los dos trabajos presentados y cuyo objetivo es demostrar la adecuada comprensión de los mismos.</p>   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 50% |
| <p>Presentación de un trabajo escrito sobre fases de la materia (capítulos 1, 2, o 3 del programa).</p> <p>Presentación de un informe sobre los resultados obtenidos en la práctica de simulación realizada en el Laboratorio de Física Computacional (capítulos 4 y 5). Dicho informe contendrá también una breve introducción y unas conclusiones.</p> <p>Se valorará la claridad y la correcta estructuración en las dos presentaciones, así como las posibles contribuciones originales del estudiante.</p> |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>Para que el alumno sea calificado, son requisitos indispensables la presentación de ambos trabajos y la realización del examen.</p> <p>La nota final se obtendrá como la semisuma de las calificaciones del examen y de los trabajos:</p> $CF=(A+E)/2$ <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>  |              |     |





## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                     |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|-------------------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Simetrías y Grupos en Física</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800542 |
| <b>Materia:</b>                | Física Teórica                      | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                            | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2                  |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 14.5               |

|                                  |                  |    |               |                     |      |
|----------------------------------|------------------|----|---------------|---------------------|------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Ignazio Scimemi  |    |               | <b>Dpto:</b>        | FTII |
|                                  | <b>Despacho:</b> | 11 | <b>e-mail</b> | ignazios@fis.ucm.es |      |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |     |             |                 |       |
|---|------|-----|-------------|-----------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día | Horario     | Profesor        | Dpto. |
| A   | 3    | X   | 09:00–10:30 | Ignazio Scimemi | FTII  |
|   |      | V   | 10:30–12:00 |                 |       |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                 |  |                     |                                |
|--|-----------------|--|---------------------|--------------------------------|
| Grupo  | Profesor        | horarios                               | e-mail              | Lugar                          |
| A  | Ignazio Scimemi | M: 10:00 – 12:00<br>X y J: 9:00 -11:00 | ignazios@fis.ucm.es | Dpcho. 11, planta 2, ala oeste |

**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.

**Resumen**

Teoría de grupos. Grupos de Lie, sus representaciones y aplicaciones en física. Grupo de Lorentz y Poincaré y sus representaciones y aplicaciones en física. Grupos finitos.

**Conocimientos previos necesarios**

Primero y segundo de grado. Mecánica Cuántica.

**Programa de la asignatura**

- Nociones generales de teoría de grupos y espacios lineales
- Representaciones de los grupos
- Grupos de Lie,  $SU(2)$ ,  $SU(3)$ ,  $SU(N)$ , Raíces y Pesos, Métodos tensoriales, Tablas de Young, Lema de Schur, Teorema de Wigner-Eckart.
- Principios de simetría en física: Isospin, Ipercarga y Extrañeza (la “Eightfold way”). Modelo a quarks, masa de los hadrones y desintegraciones de los hadrones
- Nociones del Teorema de clasificación
- Grupo de Lorentz y Poincaré y sus representaciones: spin, ecuaciones de Dirac y Klein-Gordon, Teorema de Noether.
- Simetrías globales y de gauge en física
- Nociones de grupos finitos. Característica.

### Bibliografía

#### Básica

- H. Georgi, *Lie Algebras in Particle Physics: from Isospin to Unified Theories* (2<sup>nd</sup> ed.), Westview Press, 1999.
- 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* (4<sup>th</sup> 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.

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 60% |
| Un examen final, que consistirá principalmente en la resolución de problemas de nivel similar a los resueltos en clase.   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 40% |
| Resolución y entrega de problemas y ejercicios propuestos a lo largo del curso y/o trabajo fin de curso.  |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>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:</p> $CF = \max(0.7 E, 0.6 E + 0.4 A),$ <p>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</p> $CF = E.$ |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                  |                |                    |                  |        |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Coherencia Óptica y Láser</b> |                |                    | <b>Código</b>    | 800543 |
| <b>Materia:</b>                | Física Teórica                   | <b>Módulo:</b> | Física Fundamental |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                         | <b>Curso:</b>  | 4º                 | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4        | 2             |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 28.5     | 8.5           | 6    |

|                                  |                       |        |               |                    |        |
|----------------------------------|-----------------------|--------|---------------|--------------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Rosa Weigand Talavera |        |               | <b>Dpto:</b>       | Óptica |
|                                  | <b>Despacho:</b>      | 01-D13 | <b>e-mail</b> | weigand@fis.ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |            |                   |                       |       |        |       |
|---|------|------|------------|-------------------|-----------------------|-------|--------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario    | Profesor          | Periodo/<br>Fechas    | Horas | T/P/S* | Dpto. |
| A   | 3    | L, X | 9:00-10:30 | Rosa Weigand      | 15 febrero a 29 marzo | 19.5  | T/P/S  | OPT   |
|   |      |      |            | Alfredo Luis Aina | 3 abril a 31 mayo     | 19.5  | T/P/S  | OPT   |

T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |        |  |                |       |       |
|--|--------|--|----------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar  | sesiones                                       | Profesor       | Horas | Dpto. |
| A1   | Lab. 3 | L 13 marzo y L 20 marzo 15:00-16:30            | Rosa Weigand   | 3     | OPT   |
| A2   | Lab. 3 | M 14 marzo y M 28 marzo 15:00-16:30            | Rosa Weigand   | 3     | OPT   |
| A3   | Lab. 3 | X 15 marzo 15:00-16:30 y X 29 marzo 9:00-10:30 | Rosa Weigand   | 3     | OPT   |
| A4   | Lab. 3 | V 17 marzo y V 24 marzo 15:00-16:30            | Rosa Weigand   | 3     | OPT   |
| A5   | Lab. 3 | J 16 marzo y L 27 marzo 15:00 - 16:30          | Rosa Weigand   | 3     | OPT   |
| A1   | LOC*   | V 12 mayo 15:00 - 18:00                        | Óscar Martínez | 3     | OPT   |
| A2   | LOC*   | L 15 mayo 15:00 - 18:00                        | Óscar Martínez | 3     | OPT   |
| A3   | LOC*   | X 17 mayo 15:00 - 18:00                        | Óscar Martínez | 3     | OPT   |
| A4   | LOC*   | V 19 mayo 15:00 - 18:00                        | Óscar Martínez | 3     | OPT   |
| A5   | LOC*   | X 24 mayo 15:00 - 18:00                        | Óscar Martínez | 3     | OPT   |

\* LOC= Laboratorio de Óptica Coherente, primera planta

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                       |  |                    |                                  |
|---|-----------------------|--|--------------------|----------------------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>       | <b>horarios</b>                              | <b>e-mail</b>      | <b>Lugar</b>                     |
| <b>A</b>  | Alfredo Luis Aina     | M 12:00-14:00 , X 13:00-15:00, J 14:00-16:00 | alluis@fis.ucm.es  | Despacho 220.0<br>Primera planta |
|   | Rosa Weigand Talavera | L,M,X 15:00-17:00                            | weigand@fis.ucm.es | Dpto. Óptica<br>Despacho 01-D13  |

### **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.

### **Resumen**

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.

### **Programa de la asignatura**

- Emisión en la materia.
- Ecuaciones de balance.
- Resonadores ópticos.
- Amplificación de radiación: inversión de población, ganancia, umbral.
- Amplificadores láser.
- Dinámicas temporales.
- Tipos de láseres.
- La luz como proceso aleatorio.
- Correlación de campo, interferencia, holografía.
- Correlación de intensidades y fotodetección.
- Coherencia cuántica, luz no clásica.

| <b>Bibliografía</b>   |
|---|
| <p>Básica</p> <p>M. L. Calvo (Coord.), Óptica Avanzada, Editorial Ariel, Barcelona, 2002.</p> <p>M. L. Calvo et al., Laboratorio Virtual de Óptica. Guía Práctica. (Contiene CD interactivo). Delta Editorial, Madrid, 2005.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- L. Mandel and E. Wolf, Óptical Coherence and Quantum Optics, Cambridge University Press (1995)</li><li>- O. Svelto, Principles of lasers, 5th edition, Springer (2010)</li><li>- J. M. Guerra Pérez, Física del Láser, <a href="http://alqua.tiddlyspace.com/">http://alqua.tiddlyspace.com/</a></li></ul> |
| <b>Recursos en internet</b>   |
| <p>Campus virtual</p>   |

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Clases de teoría, donde se presentarán y comentarán los contenidos, ilustrados con ejemplos y aplicaciones.</li><li>• Clases prácticas, que incluyen la resolución de problemas, la realización de prácticas en el laboratorio, trabajos con apoyo multimedia</li></ul> <p>En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador o transparencias, simulaciones por ordenador, etc.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>El examen tendrá una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p> <p>Para la realización de la parte de problemas se podrá consultar un libro de teoría de libre elección por parte del alumno.</p>  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>En este apartado se podrán valorar algunas de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrega de problemas, ejercicios, tests y trabajos, individuales o en grupo, que podrán realizarse o ser resueltos durante las clases.</li> <li>- Prácticas de laboratorio.</li> </ul>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final C será la máxima entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La nota del examen final, Ex (en una escala de 0 a 10).</li> <li>- La obtenida con otras actividades de evaluación A (en una escala de 0 a 10):</li> </ul> $C = 0.70 \text{ Ex} + 0.30 \text{ A}$ <p>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.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



## **5.2. Asignaturas de la Orientación de Física Aplicada.**



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Fotónica</b>                |                |                 | <b>Código</b>    | 800526 |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Aplicada | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                       | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 10            | 3    |

|                       |                          |       |               |                     |        |
|-----------------------|--------------------------|-------|---------------|---------------------|--------|
| <b>Profesor/a</b>     | Isabel Gonzalo Fonrodona |       |               | <b>Dpto:</b>        | Óptica |
| <b>Coordinador/a:</b> | <b>Despacho:</b>         | 221.0 | <b>e-mail</b> | igonzalo@fis.ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                          |       |
|---|------|------|-------------|--------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                 | Dpto. |
| <b>A</b>  | 6    | L, X | 10:30-12:00 | Isabel Gonzalo Fonrodona | OPT   |
| <b>B</b>  | 5A   | L, X | 16:30-18:00 | Rosa Weigand Talavera    | OPT   |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |       |  |                          |       |       |
|--|-------|--|--------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar | sesiones   | Profesor                 | Horas | Dpto. |
| <b>LA1</b>                                       | 205.A | Lunes 16/ 01/ 2017:<br>10:30 – 12:00<br>Miércoles 18/ 01/ 2017:<br>10:30 – 12:00 | Isabel Gonzalo Fonrodona | 3     | OPT   |
| <b>LA2</b>                                       | 205.A | Viernes 20/ 01 /2017:<br>16:30 – 19:30   | Isabel Gonzalo Fonrodona | 3     | OPT   |
| <b>LB1</b>                                       | 205.A | Lunes 16/01/2017:<br>16:30-19:30   | Rosa Weigand Talavera    | 3     | OPT   |
| <b>LB2</b>                                       | 205.A | Miércoles 18/01/2017:<br>16:30-19:30   | Rosa Weigand Talavera    | 3     | OPT   |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                          |   |                     |                                   |
|--|--------------------------|---|---------------------|-----------------------------------|
| Grupo  | Profesor                 | horarios  | e-mail              | Lugar                             |
| A  | Isabel Gonzalo Fonrodona | Lunes: 12h -13h y<br>14:30h - 16:30h<br>Martes: 14:30h – 17:30h | igonzalo@fis.ucm.es | Dpto. Óptica.<br>Dpcho. C1-.221.0 |
| B  | Rosa Weigand Talavera    | Lunes, Martes y<br>Miércoles de 13 h a 15 h                     | weigand@fis.ucm.es  | Dpto. Óptica.<br>Dpcho. O1-D13    |

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

- Comprender y manejar los fenómenos asociados con la anisotropía y la polarización: birrefringencia, dicroísmo, etc.
- Entender algunos procesos y dispositivos implicados en la emisión y propagación y detección de la luz.

#### Resumen

Estudio de la propagación de la luz en la materia, especialmente de fenómenos asociados a la polarización en medios con anisotropías naturales o inducidas. Estudio de la propagación de la luz en dispositivos fotónicos: fibras y guías de onda. Introducción a fenómenos ópticos no lineales. Propiedades de la radiación asociadas al tipo de emisores. Introducción al láser. Detectores de radiación.

#### Conocimientos previos necesarios

Es aconsejable haber cursado la asignatura de Óptica, Electromagnetismo II y el Laboratorio de Física III.

#### Programa de la asignatura

- Introducción.
- Propagación e interacción de la luz en medios materiales:
  - Medios isótropos (dieléctricos, metales, mezclas)
  - 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. Biestabilidad óptica.
- 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   |
|--|
| <p>Por orden alfabético:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- J. M. Cabrera, F. J. López y F. Agulló, Óptica Electromagnética, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington 1993.</li> <li>- J. M. Cabrera, F. Agulló y F. J. López, Óptica Electromagnética Vol. II: Materiales y Aplicaciones, Addison Wesley/Universidad Autónoma de Madrid 2000.</li> <li>- M.L. Calvo (Coord.), Óptica Avanzada, Ed. Ariel Ciencia, Barcelona 2002.</li> <li>- G. R. Fowles, Introduction to Modern Optics, Dover, New York 1989.</li> <li>- M. Fox, Quantum Optics. An Introduction, Oxford Univ. Press 2006.</li> <li>- F. G. Smith, T. A. King and D. Wilkins, Optics and Photonics. An Introduction, Wiley 2007.</li> <li>- B. E. A. Saleh and M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, John Wiley &amp; Sons 2007.</li> <li>- A. Yariv and P. Yeh, Optical waves in Crystals, John Wiley 1984.</li> </ul>  |
| Recursos en internet   |
| Campus virtual   |
| Metodología  |
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clases de teoría, donde se presentarán y comentarán los contenidos, ilustrados con ejemplos y aplicaciones. En las clases se utilizarán, a discreción del profesor, la pizarra, proyecciones con ordenador o transparencias, simulaciones por ordenador, etc.</li> <li>- Clases prácticas, en las que se resolverán problemas y se podrán realizar también experiencias de cátedra, discusiones dirigidas, exposiciones de trabajos, experimentos caseros, etc.</li> <li>- Clases de laboratorio: Realización de experimentos en el laboratorio donde se observarán diversos fenómenos y se medirán distintas magnitudes, todo ello relacionado con el contenido de la asignatura (medios anisótropos, láminas de fase y polarizadores, detectores, fibras ópticas, láseres, etc.). Estas clases tendrán lugar en el Laboratorio de Óptica 205.A (planta sótano, ala este) y los experimentos se discutirán en grupo.</li> </ul> |

| Evaluación   |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>Se realizarán un examen parcial voluntario (en horario de clase) y un examen final obligatorio.</p> <p>1.- El examen parcial voluntario versará sobre los contenidos explicados hasta esa fecha. Podrá ser liberatorio si la calificación (Exp) es igual o superior a 7 (en una escala de 0 a 10)</p> <p>2.- El examen final constará de dos partes Ex1 y Ex2. La parte Ex2 deberán realizarla todos los alumnos. Ex1 es voluntaria para los liberados por Exp y obligatoria para el resto.</p> <p>La nota final de examen (Ex) será:</p> <p>Para los que obtuvieron Exp mayor o igual que 7:<br/>la máxima entre <math>(Exp + Ex2)/2</math> y <math>(Ex1 + Ex2)/2</math>.</p> <p>Para los demás: <math>(Ex1 + Ex2)/2</math>.</p> <p>Si el examen parcial no incluye la mitad de la asignatura, entonces la media a considerar sería ponderada.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>En este apartado se valorarán algunas de las siguientes actividades siempre con carácter voluntario:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrega de problemas, ejercicios y trabajos, individuales o en grupo, que podrán realizarse o ser resueltos durante las clases.</li> <li>- Prácticas de laboratorio. Se realizarán dos prácticas de laboratorio al final del cuatrimestre que se realizarán y discutirán en grupos.</li> </ul>  |              |     |
| Calificación final   |              |     |
| <p>La calificación final C será la máxima entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La nota del examen final, Ex (en una escala de 0 a 10).</li> <li>- La obtenida aplicando los porcentajes anteriores a las diferentes partes evaluadas, es decir, <math>C = 0.70 Ex + 0.30 A</math>, siendo A (en una escala de 0 a 10) la nota de las actividades complementarias. <b><u>Sólo se podrán aplicar los porcentajes anteriores cuando la nota Ex sea igual o superior a 4.5</u></b></li> </ul> <p>Para superar la asignatura será necesario obtener una puntuación C mayor o igual a 5.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo el mismo procedimiento de evaluación.</p>   |              |     |

|                                |                                |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Electrónica Física</b>      |                |                 | <b>Código</b>    | 800527 |
| <b>Materia:</b>                | Obligatoria de Física Aplicada | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                       | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 1º     |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8                |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 13                 |

|                                  |                            |       |               |                    |        |
|----------------------------------|----------------------------|-------|---------------|--------------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Ignacio Mártil de la Plaza |       |               | <b>Dpto:</b>       | FA-III |
|                                  | <b>Despacho:</b>           | 109.0 | <b>e-mail</b> | imartil@fis.ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                             |       |
|---|------|------|-------------|-----------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                    | Dpto. |
| <b>A</b>  | 6    | M, J | 10.30-12.00 | Ignacio Mártil de la Plaza  | FAIII |
| <b>B</b>  | 5A   | M, J | 16:30-18:00 | José Miguel Miranda Pantoja | FAIII |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                             |                           |                    |              |
|--|-----------------------------|---------------------------|--------------------|--------------|
| Grupo  | Profesor                    | horarios                  | e-mail             | Lugar        |
| <b>A</b>                                     | Ignacio Mártil de la Plaza  | L, X y V :<br>10:30-12:30 | imartil@fis.ucm.es | Dpcho. 109.0 |
| <b>B</b>                                     | José Miguel Miranda Pantoja | L, M y X:<br>10:00-12:00  | miranda@fis.ucm.es | Dpcho. 108.0 |

**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.

**Resumen**

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*

**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.- Shalíмова, 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   |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>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, <math>N_{Final}</math>, se obtendrá de la mejor de las opciones:</p> $N_{Final} = 0.3N_{Ex\_Parc} + 0.7N_{Ex\_Final}$ $N_{Final} = N_{Ex\_Final}$ <p>donde <math>N_{Ex\_Parc}</math> es la nota obtenida en el examen parcial y <math>N_{Ex\_Final}</math> es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10.</p> <p>Los exámenes tendrán una parte de cuestiones teórico-prácticas y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p> <p>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.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>Se realizarán, entre otras, las siguientes actividades de evaluación continua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.</li> </ul>   |              |     |
| Calificación final   |              |     |
| <p>La calificación final será la mejor de las opciones</p> $C_{Final} = 0.7N_{Final} + 0.3N_{OtrasActiv.}$ $C_{Final} = N_{Final}$ <p>donde <math>N_{OtrasActiv}</math> es la calificación correspondiente a Otras actividades y <math>N_{Final}</math> la obtenida de la realización de exámenes.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>  |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Dispositivos Electrónicos y Nanoelectrónica</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800544 |
| <b>Materia:</b>                | Electrónica y Procesos Físicos                     | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo   | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 25       | 15            | 3    |

|                                  |                         |     |               |                    |        |
|----------------------------------|-------------------------|-----|---------------|--------------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | María Luisa Lucía Mulas |     |               | <b>Dpto:</b>       | FA-III |
|                                  | <b>Despacho:</b>        | 117 | <b>e-mail</b> | mllucia@fis.ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |            |                         |        |
|---|------|------|------------|-------------------------|--------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario    | Profesor                | Dpto.  |
| A   | 5A   | L, X | 9:00-10:30 | María Luisa Lucía Mulas | FA-III |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                                 |                                      |                         |       |        |
|--|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar                           | sesiones                             | Profesor                | Horas | Dpto.  |
| LAB  | Lab. Electrónica (Sótano 109.0) | 13 y 15 de marzo en horario de clase | María Luisa Lucía Mulas | 3     | FA-III |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                         |                   |                    |                |
|--|-------------------------|-------------------|--------------------|----------------|
| Grupo  | Profesor                | horarios          | e-mail             | Lugar          |
| A  | María Luisa Lucía Mulas | L M X 13:30-15:00 | mllucia@fis.ucm.es | Despacho 110.0 |

**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.

**Resumen**

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*"

**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.

**5. Introducción a la Nanoelectrónica**

1. Otros Transistores de Efecto Campo

2. Transistor de un solo electrón.

**Prácticas de laboratorio**

Se realizarán dos prácticas de laboratorio en grupos de 2 personas en horario de clase en el Laboratorio de Electrónica (Planta sótano, Módulo Este) los siguientes días: 13 y 15 de marzo de 2017 en horario de clase.

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  |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>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).</p> <p>La calificación final, relativa a exámenes, <math>N_{Final}</math>, se obtendrá de la mejor de las opciones:</p> $N_{Final} = 0.3N_{Ex\_Parc} + 0.7N_{Ex\_Final}$ $N_{Final} = N_{Ex\_Final}$ <p>donde <math>N_{Ex\_Parc}</math> es la nota obtenida en el examen parcial y <math>N_{Ex\_Final}</math> es la calificación obtenida en el examen final, ambas sobre 10.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>Se realizarán las siguientes actividades de evaluación continua:</p> <p>Problemas, ejercicios e informes sobre las prácticas de laboratorio entregados a lo largo del curso de forma individual o en grupo.</p>  |              |     |
| Calificación final  |              |     |
| <p>La calificación final será la mejor de las opciones:</p> $C_{Final} = 0.7N_{Final} + 0.3N_{Otras\ Activ}$ $C_{Final} = N_{Final}$ <p>donde <math>N_{Otras\ Activ}</math> es la calificación correspondiente a Otras actividades y <math>N_{Final}</math> la obtenida de la realización de exámenes.</p> <p>En la convocatoria de septiembre se guardará la nota obtenida de las Otras actividades de evaluación.</p>   |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Sistemas Dinámicos y Realimentación</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800545 |
| <b>Materia:</b>                | Electrónica y Procesos Físicos             | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                                   | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 25       | 8             | 10   |

|                                  |   |     |               |   |       |
|----------------------------------|---|-----|---------------|---|-------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Jesús Manuel de la Cruz García<br>(Matilde Santos Peñas desde 21-Nov) |     |               | <b>Dpto:</b>                              | DACYA |
|                                  | <b>Despacho:</b>  | 222 | <b>e-mail</b> | jmcruz@fis.ucm.es<br>msantos@dacya.ucm.es |       |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |        |                            |   |       |
|---|------|--------|----------------------------|---|-------|
| Grupo   | Aula | Día    | Horario                    | Profesor  | Dpto. |
| A   | 5A   | L<br>X | 14:00-15:30<br>13:30-15:00 | Jesús Manuel de la Cruz García<br>(Matilde Santos Peñas desde 21-Nov) | DACYA |

\*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |        |                           |   |       |       |
|--|--------|---------------------------|---|-------|-------|
| Grupo  | Lugar  | sesiones                  | Profesor  | Horas | Dpto. |
| A1   | Lab108 | Los miércoles:            | Jesús Manuel de la Cruz García<br><br>Matilde Santos Peñas<br>(desde el 21-Nov) | 9     | DACYA |
|  |        | 19 octubre, 13:30-15:00   |   |       |       |
|  |        | 16 noviembre, 13:30-15:00 |   |       |       |
|  |        | 30 noviembre 13:30-15:00  |   |       |       |
|  |        | 14 diciembre 12:00-13:30  |   |       |       |
|  |        | 11 de enero 12:30-13:30   |   |       |       |
| 18 de enero 13:30-15:00                          |        |                           |   |       |       |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                                |                                 |                      |                                     |
|--|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Grupo  | Profesor                       | horarios                        | e-mail               | Lugar                               |
| A  | Jesús Manuel de la Cruz García | L: 11.30:13.0<br>X: 12.0:13.30. | jmacruz@ucm.es       | Despacho 222<br>2ª planta           |
|  | Matilde Santos Peñas           | M y J 10:00-12:00               | msantos@dacya.ucm.es | Despacho 338<br>Facult. Informática |

#### 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.

#### Resumen

##### Sistemas dinámicos realimentados

Los sistemas dinámicos son aquellos cuyo comportamiento cambia con el tiempo. Realimentación se refiere a que varios sistemas están interconectados de modo que cada uno de ellos influye en los otros.

La realimentación es la propiedad fundamental de los sistemas de control y se encuentra por ello presente en la mayoría de las aplicaciones científicas y tecnológicas, mejorando las prestaciones de los sistemas que controlan. Los sistemas de control también son esenciales en los sistemas naturales, biológicos, ambientales, sociales, etc, donde se encuentran imbricados con los procesos básicos.

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 señalan cuales son los límites que existen en las posibilidades del control y se finaliza con la forma en que los controladores se implementan en los computadores.

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.



**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.

| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• K.J. Aström &amp; R.M. Murray. <i>Feedback systems. An introduction for scientists and engineers</i>. Princeton University Press, 2008.</li> <li>• R.C. Dorf &amp; R.H. Bishop. <i>Sistemas de control moderno</i>. 10ª Edición. Prentice Hall, 2010.</li> <li>• K. Ogata. <i>Ingeniería de control moderna</i>. 5ª Edición. Prentice Hall, 2010.</li> <li>• B.C. Kuo. <i>Sistemas de control automático</i>. 7ª Edición. Prentice Hall. 1996.</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| <p>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.</p>  |

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>La signatura 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 28.</p> <p>Los seminarios consistirán en el planteamiento y realización de ejercicios y problemas propuestos. Número de horas presenciales 13.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> |

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 50% |
| <p>Se realizarán dos exámenes escritos en convocatoria ordinaria de junio y extraordinaria de septiembre, 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.</p>                |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 50% |
| <p>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.</p>                                    |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.5N_{Exámenes}+0.5N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |   |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|---|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Dispositivos de Instrumentación Óptica</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800546 |
| <b>Materia:</b>                | Electrónica y Procesos Físicos                | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                                      | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 25       | 8             | 10   |

|                                  |                              |        |               |               |        |
|----------------------------------|------------------------------|--------|---------------|---------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Juan Antonio Quiroga Mellado |        |               | <b>Dpto:</b>  | Óptica |
|                                  | <b>Despacho:</b>             | D01-07 | <b>e-mail</b> | aq@fis.ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |     |             |                              |                    |       |        |       |
|---|------|-----|-------------|------------------------------|--------------------|-------|--------|-------|
| Grupo   | Aula | Día | Horario     | Profesor                     | Periodo/<br>Fechas | Horas | T/P/S* | Dpto. |
| A   | 5A   | M   | 10:30-12:00 | Angel S. Sanz Ortiz          | Febrero-Marzo      | 10    | T/P/S  | OPT   |
|   |      | J   |             | Juan Antonio Quiroga Mellado | Marzo-Abril-Mayo   | 25    | T/P/S  | OPT   |

\*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |            |                       |                              |       |       |
|--|------------|-----------------------|------------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar      | sesiones              | Profesor                     | Horas | Dpto. |
| A  | Lab Óptica | M-J Mayo, 10:30-12:00 | Juan Antonio Quiroga Mellado | 5     | OPT   |
|  | Lab Óptica | M-J Mayo, 10:30-12:00 | Angel S. Sanz Ortiz          | 5     | OPT   |

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                              |                   |                     |              |
|---|------------------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>              | <b>horarios</b>   | <b>e-mail</b>       | <b>Lugar</b> |
| A   | Juan Antonio Quiroga Mellado | L X, 10:00-12:00  | aq@fis.ucm.es       | O1-D07       |
|   | Angel S. Sanz Ortiz          | L, V: 10:30-13:30 | a.s.sanz@fis.ucm.es | O1-D18       |

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

Conocer las principales características de los dispositivos de instrumentación óptica

#### **Resumen**

Dispositivos ópticos.

#### **Conocimientos previos necesarios**

Son necesarios conocimientos previos de Óptica y de Laboratorio (manejo de aparatos e instrumentación).

#### **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

- Jesús Marcén, *Instrumentos ópticos*. E. U. de Óptica (Madrid, 1998).
- G. Smith, D. A. Atchinson, *The eye and visual instruments*. Cambridge University Press (Cambridge, 1997).
- Kjell J. Gåsvik, *Optical metrology*. John Wiley and Sons (Chichester, 1996).
- Gary L Cloud, *Optical methods of engineering analysis*. Cambridge University Press (Cambridge, 1998).
- K. Ramesh, *Digital photoelasticity: advanced techniques and applications*. Springer (Berlín, 2000).
- 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](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  |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 50% |
| Se realizará un examen final sobre los contenidos de teoría. El examen será sin libros ni apuntes.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 50% |
| Ejercicios individuales realizados en clase: 15%  |              |     |
| Proyectos de laboratorio (incluidas presentaciones): 35%  |              |     |
| 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 septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.   |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                |                |                 |                  |   |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|---|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Fenómenos de Transporte</b> | <b>Código</b>  | 800547          |                  |   |
| <b>Materia:</b>                | Electrónica y Procesos Físicos | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |   |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                       | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 1 |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 25       | 6             | 12   |

|                                  |                         |              |               |                    |  |
|----------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|--------------------|--|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Francisco J. Cao García | <b>Dpto:</b> | FAMN          |                    |  |
|                                  | <b>Despacho:</b>        | 214          | <b>e-mail</b> | francoa@fis.ucm.es |  |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |        |             |                         |  |       |      |       |
|---|------|--------|-------------|-------------------------|--|-------|------|-------|
| Grupo   | Aula | Día    | Horario     | Profesor                | Periodo/Fechas                             | Horas | T/P* | Dpto. |
| A   | 6    | X<br>V | 9:00-10:30  | Francisco J. Cao García | en función del desarrollo de la asignatura | 28    | T,P  | FAMN  |
|   |      |        | 10:30-12:00 | Mohamed Khayet          | en función del desarrollo de la asignatura | 3     |      | FAI   |

\*: T:teoría, P:prácticas

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                          |  |                    |       |       |
|--|--------------------------|--|--------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar                    | sesiones   | Profesor           | Horas | Dpto. |
| L1   | Lab. Energías Renovables | en horario de clase en función del desarrollo de la asignatura | Francisco J. Cao   | 3     | FAMN  |
|  |                          |  | Carlos Armenta Déu | 6     |       |
|  | Lab. 120.0               |  | Mohamed Khayet     | 3     | FAI   |



| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                         |                                    |                    |                                    |
|--|-------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Grupo  | Profesor                | horarios                           | e-mail             | Lugar                              |
| A  | Francisco J. Cao García | Concertar cita por e-mail          | francao@fis.ucm.es | 214.0<br>3ª Pl. Central            |
|  | Carlos Armenta Déu      | X:10:30-12:00<br>M, J: 14:30-16:00 | cardeu@fis.ucm.es  | 218B<br>3ª Planta                  |
|  | Mohamed Khayet          | X: 14:30-17:30                     | khayetm@fis.ucm.es | Despacho 116.0,<br>1ª Planta, Este |

### 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.

### Resumen

Transferencia de calor, momento, materia y carga eléctrica

### Conocimientos previos necesarios

### 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 electrificada: 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: Transferencia de calor en sistemas con y sin cambio de fase. Determinación de coeficientes de transferencia. Aplicación: procesos evaporativos-condensativos
- Práctica 2: Transferencia de masa: fenómenos difusivos y convectivos. Aplicaciones: estanques solares
- Práctica 3: Transferencia de carga y masa: sistemas electroquímicos. Aplicaciones: almacenadores eléctricos y celdas de combustible
- Práctica 4: Transporte de masa y energía en sistemas con membranas. Aplicaciones: sistemas de ósmosis inversa y destilación con membranas

**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 Electrónica. 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. 2<sup>nd</sup> ed. 2009
- Transport phenomena. Beek, W.J. Ed. John Wiley and Sons. 2<sup>nd</sup> 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, ...

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyéndose ejemplos, aplicaciones y ejercicios (2 horas semanales en media)</li> <li>• Prácticas de laboratorio (1 hora semanal en media)</li> </ul> <p>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..</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 60% |
| Se realizará un examen final.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 40% |
| <p>En este apartado se valorarán las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas de laboratorio obligatorias, de las que el alumno presentará una memoria que se calificará.</li> <li>• Ejercicios voluntarios corregidos en clase</li> </ul>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>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.</p> <p>El resultado final de la evaluación global de la asignatura responde a la siguiente fórmula:</p> $C_f = \max(N_1, N_2)$ <p>donde <math>C_f</math> es la calificación final, y <math>N_1, N_2</math> son</p> $N_1 = 0.7 \cdot E_f + 0.3 \cdot P$ $N_2 = 0.6 \cdot E_f + 0.3 \cdot P + 0.1 \cdot E_v$ <p>siendo <math>E_f</math> la calificación del examen final, <math>P</math> la calificación de las prácticas de laboratorio, y <math>E_v</math> la calificación de la corrección en clase de los ejercicios voluntarios.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Electrónica Analógica y Digital</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800548 |
| <b>Materia:</b>                | Electrónica y Procesos Físicos         | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                               | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 25       | 12            | 6    |

|                                  |                         |     |               |                |        |
|----------------------------------|-------------------------|-----|---------------|----------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Álvaro del Prado Millán |     |               | <b>Dpto:</b>   | FA-III |
|                                  | <b>Despacho:</b>        | 205 | <b>e-mail</b> | alvarop@ucm.es |        |

| Grupo | Aula | Día    | Horario                    | Profesor                | T/P/S* | Dpto. |
|-------|------|--------|----------------------------|-------------------------|--------|-------|
| A     | 6    | L<br>V | 12:00-13:30<br>13:30-15:00 | Álvaro del Prado Millán | T/P    | FAIII |

\*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                                |  |                         |       |       |
|--|--------------------------------|--|-------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar                          | Sesiones   | Profesor                | Horas | Dpto. |
| L1   | Lab. Electrónica (109, Sótano) | 07/10/2016<br>04/11/2016<br>18/11/2016<br>20/01/2017 | Álvaro del Prado Millán | 6     | FAIII |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                          |                             |                |       |
|--|--------------------------|-----------------------------|----------------|-------|
| Grupo  | Profesor                 | horarios                    | e-mail         | Lugar |
| A  | Prado Millán, Álvaro del | M, X:<br>10:30-12:00<br>(*) | alvarop@ucm.es | 205.0 |

(\*) Con posibilidad de concertar tutorías en horario alternativo.

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Comprender el funcionamiento de los circuitos electrónicos lineales, no lineales y digitales.</li><li>• Conocer las distintas formas de especificación e implementación de sistemas digitales.</li></ul> |
| <b>Resumen</b>   |
| Electrónica lineal, no lineal y digital, sistemas digitales.   |

| <b>Conocimientos previos necesarios</b>                        |
|--|
| Análisis básico de circuitos (ley de Ohm y leyes de Kirchoff). |

### 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.  
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.

| <b>Bibliografía</b>  |
|--|
| <p><b>Básica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuitos Microelectrónicos. A. S. Sedra, K. C. Smith. McGraw-Hill (2006).</li> <li>• Electrónica. A. R. Hambley. Prentice Hall (2010).</li> <li>• Circuitos Digitales y Microprocesadores. Herbert Taub. McGraw-Hill. (1995).</li> <li>• Principios de Diseño Digital. Daniel D. Gajski. Prentice Hall. (1997).</li> </ul> <p><b>Complementaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis y diseño de circuitos integrados analógicos. P. Gray, R. G. Meyer. Prentice Hall Hispanoamericana (1995).</li> <li>• CMOS Digital Integrated Circuits. S. M. Kang, Y. Leblebici. McGraw-Hill (2003).</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| Utilización del campus virtual   |

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| 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). Seminario para aprendizaje del programa PSpice. Propuesta de ejercicios de simulación con PSpice. |

| <b>Evaluación</b>   |              |      |
|---|--------------|------|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 50 % |
| Examen final de cuestiones y problemas. En caso de ser necesario se facilitará un formulario. (5 puntos).   |              |      |
| <b>Otras actividades</b>  | <b>Peso:</b> | 50 % |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de prácticas de laboratorio 15% (1,5 puntos).</li> <li>• Realización de ejercicios que involucren simulación con PSpice 35% (3,5 puntos).</li> </ul> |              |      |
| <b>Calificación final</b>   |              |      |
| La calificación final será la suma de las calificaciones del examen, las prácticas de laboratorio, 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 septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.   |              |      |





## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                 |                |                 |                    |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|--------------------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Energía y Medio Ambiente</b> | <b>Código</b>  | 800549          |                    |
| <b>Materia:</b>                | Electrónica y Procesos Físicos  | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                    |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                        | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> 2 |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.5      | 2.5           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 25       | 4.5           | 13.5 |

|                                  |                      |               |                   |  |
|----------------------------------|----------------------|---------------|-------------------|--|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Carlos Armenta Déu   | <b>Dpto:</b>  | FAMN              |  |
|                                  | <b>Despacho:</b> 211 | <b>e-mail</b> | cardeu@fis.ucm.es |  |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |     |             |                    |                               |       |      |       |
|---|------|-----|-------------|--------------------|-------------------------------|-------|------|-------|
| Grupo   | Aula | Día | Horario     | Profesor           | Periodo/<br>Fechas            | Horas | T/P* | Dpto. |
| A   | 8    | L   | 10:30-12:00 | Carlos Armenta Déu | 17/02/2017 a 28/04/2017       | 23.5  | T,P  | FAMN  |
|   | 6    | V   | 12:00-13:30 | Óscar Moreno Díaz  | 5, 8, 12 y 19 de mayo de 2017 | 6     |      |       |

\*: T:teoría, P:prácticas

| Laboratorios - Detalle de profesorado |       |           |                                    |       |       |
|---------------------------------------|-------|-----------|------------------------------------|-------|-------|
| Grupo                                 | Lugar | sesiones  | Profesor                           | Horas | Dpto. |
| L1<br>L2<br>L3<br>L4<br>L5            | Lab*  | 17 x 1.5h | Carlos Armenta Déu                 | 25.5  | FAMN  |
|                                       |       | 8 x 1.5h  | Elena Beltrán de Heredia Rodríguez | 12    |       |
|                                       |       | 8 x 1.5h  | Javier Jarillo Díaz                | 12    |       |
|                                       |       | 7 x 1.5h  | Victoria Vedia Fernández           | 10.5  |       |
|                                       |       | 5 x 1.5h  | Fernando Cerrón                    | 7.5   |       |
|                                       |       |           |                                    |       |       |

(\*) Laboratorios del Departamento.

| <b>Detalle horarios de laboratorios</b> |              |              |                 |  |
|---|--------------|--------------|-----------------|--|
| <b>Lugar(**)</b>                        | <b>Días</b>  | <b>Horas</b> | <b>Sesiones</b> | <b>Profesores</b>                          |
| Lab. ER                                 | J 02/03/2017 | 15:00-16:30  | 2               | C.Armenta / Javier Jarillo                 |
| Lab. ER/FAyN                            | V 03/03/2017 | 09:00-10:30  | 2               | C.Armenta / V.Vedia                        |
| Lab. ER                                 | J 09/03/2017 | 15:00-16:30  | 2               | C.Armenta / Javier Jarillo                 |
| Lab. ER/FAyN                            | V 10/03/2017 | 09:00-10:30  | 3               | C.Armenta / Javier Jarillo / V.Vedia       |
| Lab. ER/FAyN                            | V 17/03/2017 | 09:00-10:30  | 3               | C.Armenta / Elena Beltrán / V.Vedia        |
| Lab. ER                                 | V 24/03/2017 | 09:00-10:30  | 2               | C.Armenta / Elena Beltrán                  |
| Lab. ER                                 | V 31/03/2017 | 09:00-10:30  | 2               | C.Armenta / Elena Beltrán                  |
| Lab. FAyN                               | M 04/04/2017 | 09:00-10:30  | 2               | Elena Beltrán / Victoria Vedia             |
| Lab. FAyN                               | J 06/04/2017 | 09:00-10:30  | 2               | Javier Jarillo / Victoria Vedia            |
| Lab. FAyN                               | M 18/04/2017 | 09:00-10:30  | 2               | Elena Beltrán / Victoria Vedia             |
| Lab. FAyN                               | J 20/04/2017 | 09:00-10:30  | 2               | Javier Jarillo / Victoria Vedia            |
| Lab. FAyN                               | V 21/04/2017 | 12:00-13:30* | 1               |  |
| Lab. ER                                 | M 25/04/2017 | 09:00-10:30  | 2               | Elena Beltrán / Javier Jarillo             |
| Lab. ER                                 | J 04/05/2017 | 09:00-10:30  | 3               | C.Armenta / Elena Beltrán / Javier Jarillo |
| Lab. ER                                 | V 05/05/2017 | 12:00-13:30* | 1               | C.Armenta                                  |
| Lab. ER                                 | M 09/05/2017 | 09:00-10:30  | 2               | C.Armenta / Javier Jarillo                 |
| Lab. ER                                 | J 11/05/2017 | 09:00-10:30  | 3               | C.Armenta / Elena Beltrán / Fdo. Cerrón    |
| Lab. ER                                 | V 12/05/2017 | 12:00-13:30* | 1               | C.Armenta                                  |
| Lab. ER                                 | M 16/05/2017 | 09:00-10:30  | 1               | Fdo. Cerrón                                |
| Lab. ER                                 | J 18/05/2017 | 09:00-10:30  | 2               | C.Armenta / Fdo. Cerrón                    |
| Lab. ER                                 | J 19/05/2017 | 12:00-13:30  | 1               | C.Armenta                                  |
| Lab. ER                                 | L 22/05/2017 | 10:30-12:00* | 1               | Fdo. Cerrón                                |
| Lab. ER                                 | V 26/05/2017 | 09:00-10:30  | 1               | C.Armenta                                  |
| Lab. ER                                 | V 26/05/2017 | 12:00-13:30* | 1               | C.Armenta                                  |
| Lab. ER                                 | L 29/05/2017 | 10:30-12:00* | 1               | Fdo. Cerrón                                |

Cada alumno se inscribirá en 9 de las sesiones programadas.

(\*) Sesiones en horario de clase que sustituye a ésta.

(\*\*) Laboratorios del departamento de Energías Renovables (Lab. ER) y de Física Atómica y Nuclear (Lab. FAyN).

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                    |                                    |                   |                   |
|---|--------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>    | <b>horarios</b>                    | <b>e-mail</b>     | <b>Lugar</b>      |
| <b>A</b>  | Carlos Armenta Déu | X:10:30-12:00<br>M, J: 14:30-16:00 | cardeu@fis.ucm.es | 218B<br>3ª Planta |
|   | Óscar Moreno Díaz  | M, J:<br>17:00-18:00               | osmoreno@ucm.es   | 229<br>3ª Planta  |

**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.

### Resumen

La estructura de la asignatura de Energía y Medio Ambiente 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

### 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: CO<sub>2</sub>
- 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

| <b>Programa de la asignatura: distribución horaria</b>   |
|--|
| <p>Teoría: (27 horas). Las clases teóricas incluyen las sesiones correspondientes a seminarios de problemas</p> <p>Prácticas: (13.5 horas). Las prácticas se realizan en grupos de 3-4 alumnos.</p>  |
| <b>Bibliografía</b>  |
| <p>Básica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy and the Environment: Scientific and Technological Principles (Mit-Pappalardo Series in Mechanical Engineering), James A. Fay and Daniel Golomb. Ed. Oxford University Press</li> <li>• Renewable Energy Resources. John Twidell and Anthony D. Weir. Ed. Taylor &amp; Francis</li> <li>• Environmental Physics: Sustainable Energy and Climate Change. Egbert Boeker and Rienk van Grondelle. Ed. John Wiley and Sons, 3rd ed.</li> <li>• Introductory Nuclear Physics, Krane, John Wiley &amp; Sons</li> <li>• An Introduction to Nuclear Physics, Cottingham &amp; Greenwood, Cambridge</li> </ul> <p>Complementaria</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solar Engineering of Thermal Processes. John A. Duffie and William A. Beckman. Ed. John Wiley and Sons, 3rd ed. 2006</li> <li>• 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.</li> <li>• Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy. Frank Kreith and D. Yogi Goswami. Ed. CRC Press</li> <li>• Fundamentals of Nuclear Reactor Physics, Lewis, Elsevier</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>  |
| <p>Los recursos de la asignatura en internet serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula Virtual con los contenidos de la asignatura, tanto temas teóricos, ejercicios, cuestionarios, problemas, prácticas, proyectos, etc.</li> <li>• 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.</li> </ul>  |

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>El proceso metodológico que se planea seguir es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases teóricas <ul style="list-style-type: none"> <li>Estas clases tienen como objetivo la transmisión de conocimientos al alumno sobre los aspectos más relevantes de cada uno de los distintos temas incluidos el programa de la asignatura, para que aquél pueda alcanzar el nivel necesario de conocimientos en el campo de la Energía y su relación con el Medio Ambiente. Estas clases se llevarán a cabo con el apoyo de medios audiovisuales, de modo que el alumno pueda realizar un seguimiento adecuado de las explicaciones del</li> </ul> </li> </ul> |

|  |
|--|
| <p>profesor sin necesidad de tomar notas de manera continua, mejorando así el aprovechamiento de las clases y aumentando la asimilación de conocimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ejercicios</b><br/>                     Los ejercicios consistirán en aplicaciones prácticas de carácter numérico que pretenden verificar si el alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas a situaciones prácticas que requieran de una cuantificación numérica en la solución del problema planteado</li> <li>• <b>Prácticas</b><br/>                     Las prácticas de laboratorio consistirán en ejercicios de tipo práctico con sistemas materiales relacionados con el tema donde el alumno se familiarizará con el manejo de equipos e instrumental con vistas a la resolución de dichos casos prácticos. Las prácticas, como se puede comprobar en el programa de la asignatura, estarán relacionadas directamente con los contenidos de la asignatura. Las prácticas se ejecutarán en grupos de 2-3 personas, en función del número de alumnos presentes en el curso</li> <li>• <b>Evaluación final</b><br/>                     Se trata de una prueba de control que evalúa el conjunto de conocimientos del alumno sobre el conjunto global de la asignatura. Las pruebas de evaluación son individuales</li> </ul> |
|--|

| Evaluación  |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 60% |
| Evaluación final: se llevará a cabo una al final del cuatrimestre   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 40% |
| Asimismo, se evaluará <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los problemas que el alumno debe resolver fuera de las horas de clase</li> <li>• Las prácticas de laboratorio</li> </ul> La calificación media de los problemas tendrá un peso específico del 10%<br>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 2016-17)

|                                |  |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Propiedades Físicas de los Materiales</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800550 |
| <b>Materia:</b>                | Física de Materiales                         | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                                     | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.75     | 2.25          |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 27       | 6             | 10   |

|                                  |                        |     |               |                     |    |
|----------------------------------|------------------------|-----|---------------|---------------------|----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Jose Luis Vicent Lopez |     |               | <b>Dpto:</b>        | FM |
|                                  | <b>Despacho:</b>       | 109 | <b>e-mail</b> | jlvicent@fis.ucm.es |    |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |               |                        |       |
|---|------|------|---------------|------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario       | Profesor               | Dpto. |
| A   | 6    | X, V | 12:00 - 13:30 | Jose Luis Vicent López | FM    |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |        |  |  |                                    |      |      |
|--|--------|--|--|------------------------------------|------|------|
| Grupo  | Lugar  | sesiones   |  | Profesor                           | Hora | Dpto |
| L1   |        |  |  |                                    |      |      |
| L2   | LAB 8- | 14, 21 y 28 de octubre y 4 de noviembre:<br>V: 12:00-14:30 |  | Patricia de la Presa Muñoz de Toro | 10   | FM   |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                        |                                  |                     |                        |
|--|------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------------|
| Grupo  | Profesor               | horarios                         | e-mail              | Lugar                  |
| A  | Jose Luis Vicent López | L, V: 12:00-13:00<br>X: 11:12:00 | jlvicent@fis.ucm.es | Dpcho 109<br>2ª Planta |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>     |
|--|
| Profundizar en los aspectos más relevantes de las propiedades físicas de los materiales. |

| <b>Resumen</b>   |
|--|
| Propiedades eléctricas, ópticas, mecánicas y magnéticas de los materiales. Excitaciones elementales. |

| <b>Conocimientos previos necesarios</b> |
|---|
| Física del Estado Sólido                |

| <b>Programa de la asignatura</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bandas de energía y superficies de Fermi. Métodos de cálculo de estructuras de bandas. Determinación experimental de la estructura de bandas.</li> <li>▪ Metales y aislantes. Fenómenos de conducción eléctrica y transiciones ópticas.</li> <li>▪ Excitaciones elementales en sólidos: Fonones, plasmones, excitones.</li> <li>▪ Magnetismo en sólidos: Orden magnético espontáneo. Magnones.</li> <li>▪ Superconductividad.</li> <li>▪ Defectos en materiales y su influencia en las propiedades físicas. Elasticidad.</li> </ul> <p><b>Prácticas de Laboratorio:</b> Estados Electrónicos en Cristales. Vibraciones de Red. Defectos en Materiales Magnéticos. Caracterización de un Semiconductor.</p> |

| <b>Bibliografía</b>   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• N. W. Ashcroft y N. D. Mermin, <i>Solid State Physics</i> (Saunders College Publishing, 1976).</li> <li>• H. Ibach y H. Lüth , <i>Solid State Physics</i> (Springer, 2009).</li> <li>• J. Singleton, <i>Band Theory and Electronic Properties of Solids</i> (Oxford University Press, 2006).</li> <li>• Ch. Kittel, <i>Introduction to Solid State Physics</i> 8th Edition (Wiley, N.York 2005)</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>   |
|   |

| Metodología  |
|--|
| Clases teóricas generales y ejemplos y ejercicios prácticos. |

| Evaluación  |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 60% |
| Se realizará un examen final que se calificará con nota de 1 a 10.  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 40% |
| <p>Los alumnos deberán realizar 4 prácticas de laboratorio, que serán calificadas por el profesor encargado de las mismas.<br/>Se impartirán 10 horas de laboratorio, en horario de clase</p> <p><b>Prácticas de Laboratorio:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estados electrónicos en cristales</li> <li>2. Vibraciones de la red</li> <li>3. Defectos en materiales magnéticos</li> <li>4. Plasmones</li> </ol> <p>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 de septiembre.</p> |              |     |
| Calificación final  |              |     |
| <p>Si <b>E</b> es la nota final del examen y <b>A</b> la nota final de otras actividades, la calificación final <b>CF</b> vendrá dada por la fórmula:</p> $CF = \text{máx} (0.40 \cdot A + 0.60 \cdot E, E)$ <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>   |              |     |





## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                       |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Nanomateriales</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800551 |
| <b>Materia:</b>                | Física de Materiales  | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo              | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.75     | 2.25               |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 27       | 16                 |

|                                  |                       |     |               |                    |    |
|----------------------------------|-----------------------|-----|---------------|--------------------|----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Bianchi Méndez Martín |     |               | <b>Dpto:</b>       | FM |
|                                  | <b>Despacho:</b>      | 125 | <b>e-mail</b> | bianchi@fis.ucm.es |    |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                       |       |
|---|------|------|-------------|-----------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor              | Dpto. |
| A   | 5A   | M, J | 12:00-13:30 | Bianchi Méndez Martín | FM    |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                       |                                      |                    |                     |
|--|-----------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Grupo  | Profesor              | horarios                             | e-mail             | Lugar               |
| A  | Bianchi Méndez Martín | Lunes y miércoles de 11:00 a 13:30 h | bianchi@fis.ucm.es | Dpcho 125 2ª Planta |

| 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.  |
| Resumen  |
| Tipos de nanomateriales y síntesis. Efectos de superficie. Nanopartículas magnéticas. Confinamiento cuántico en partículas. Propiedades mecánicas de nanomateriales. |

|                                     |
|-------------------------------------|
| Aplicaciones de los nanomateriales. |
|-------------------------------------|

|   |
|---|
| <b>Conocimientos previos necesarios</b> |
|---|

|                           |
|---------------------------|
| Física del Estado Sólido. |
|---------------------------|

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>Programa de la asignatura</b> |
|----------------------------------|

- |   |
|---|
| <p>1. Clases de nanomateriales. Nanomateriales de cero, una, dos y tres dimensiones. Estructuras basadas en nanomateriales: core-shell, multicapas, estructuras complejas.</p> <p>2. Síntesis de nanomateriales.</p> <p>3. Efectos de superficie en nanomateriales. Energía superficial.</p> <p>4. Nanomateriales electrónicos. Efectos de tamaño y morfología: confinamiento cuántico. Interacción luz-nanomateriales: absorción y luminiscencia. Confinamiento óptico. Plasmones.</p> <p>5. Nanopartículas magnéticas. Tamaño de partícula y comportamiento magnético. Superparamagnetismo: la función de Langevin. Modelo de Stoner Wohlfarth. Acoplamiento de canje. Interacción entre partículas.</p> <p>6. Propiedades mecánicas de nanomateriales. Influencia del tamaño de grano. Porosidad. Superplasticidad.</p> <p>7. Nanomateriales basados en carbono. Aplicaciones de los nanomateriales: Aplicaciones biomédicas. Sensores. Fotocatalizadores.</p> |
|---|

|                     |
|---------------------|
| <b>Bibliografía</b> |
|---------------------|

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanomaterials, An Introduction to Synthesis, properties and Applications, Dieter Vollath, Wiley-VCH, 2008</li> <li>• Introduction to Nanoscience, G.L. Hornyak, I. Dutta, H.F. Tibbals and A. K. Rao, CRC press, 2008.</li> <li>• Introduction to Nanophotonics, S. V. Gaponenko, Cambridge University Press, 2010.</li> </ul> |
|---|

|                             |
|-----------------------------|
| <b>Recursos en internet</b> |
|-----------------------------|

|   |
|---|
| Campus virtual, donde se incluirán los enlaces y otro material de interés para la asignatura. |
|---|

|                    |
|--------------------|
| <b>Metodología</b> |
|--------------------|

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Realización de trabajos tanto orales como escritos por parte de los alumnos de</li> </ul> |
|--|

temas relacionados con el programa de la asignatura.

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| El examen consistirá en una serie de cuestiones (de nivel similar a las resueltas en clase).   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| En la evaluación se tendrán en cuenta los ejercicios realizados en clase y la participación en clases, seminarios y trabajos voluntarios.  |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| 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.<br>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación. |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                       |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Física de Materiales Avanzados</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800552 |
| <b>Materia:</b>                | Física de Materiales                  | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                              | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.75     | 2.25               |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 27       | 16                 |

|                                  |                          |     |               |                  |    |
|----------------------------------|--------------------------|-----|---------------|------------------|----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Paloma Fernández Sánchez |     |               | <b>Dpto:</b>     | FM |
|                                  | <b>Despacho:</b>         | 115 | <b>e-mail</b> | arana@fis.ucm.es |    |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                          |       |
|---|------|------|-------------|--------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                 | Dpto. |
| A   | 5A   | M, J | 13:30-15:00 | Paloma Fernández Sánchez | FM    |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                          |                                     |                  |                                  |
|--|--------------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Grupo  | Profesor                 | horarios                            | e-mail           | Lugar                            |
| A  | Paloma Fernández Sánchez | M, X, V<br>9:30-11:30 y 15:30-16:30 | arana@fis.ucm.es | Dpcho. 115<br>2ª planta Ala Este |

**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.

**Resumen**

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.

**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.

| <b>Bibliografía</b>   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Smart Electronic Materials, Fundamentals and Applications, Jasprit Singh, Cambridge University Press, 2005.</li> <li>- Carbon Nanotube and Graphene, Device Physics, H.-S. Philip Wong, Deji Akinwande, Cambridge University Press, 2010.</li> <li>- Magnetism and Magnetic Materials, J. M. D. Coey, Cambridge University Press, 2010.</li> <li>- An Introduction to Materials Engineering and Science for Chemical and Materials Engineers, B. S. Mitchell, Wiley and Sons, 2004.</li> </ul> |
| <b>Recursos en internet</b>   |
| <p>Campus virtual de la asignatura: El contenido y actividades de esta asignatura se incluyen en las plataformas Moodle y Sakai</p> <p>Página web de la profesora <a href="http://piloto.fis.ucm.es/paloma1">http://piloto.fis.ucm.es/paloma1</a></p> <p>A lo largo del curso se suministrará webgrafía complementaria acorde con los temas y actividades que se estén desarrollando en cada momento.</p>   |

| <b>Metodología</b>  |
|---|
| <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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..</p> |

| <b>Evaluación</b>  |              |               |
|--|--------------|---------------|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | <b>50-70%</b> |
| <p>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.</p> <p>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.</p> |              |               |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | <b>30-50%</b> |
| <p>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.</p> <p>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.</p>  |              |               |
| <b>Calificación final</b>  |              |               |
| <p>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.</p>   |              |               |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |   |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|---|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Métodos Experimentales en Física del Estado Sólido</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800553 |
| <b>Materia:</b>                | Física de Materiales                                      | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo  | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 3.75     | 2.25          |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 27       | 6             | 10   |

|                                  |                          |     |               |                  |    |
|----------------------------------|--------------------------|-----|---------------|------------------|----|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Paloma Fernández Sánchez |     |               | <b>Dpto:</b>     | FM |
|                                  | <b>Despacho:</b>         | 115 | <b>e-mail</b> | arana@fis.ucm.es |    |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |              |                          |       |
|---|------|------|--------------|--------------------------|-------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario      | Profesor                 | Dpto. |
| A   | 6    | L, V | 9:00 - 10:30 | Paloma Fernández Sánchez | FM    |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                               |   |                          |       |       |
|--|-------------------------------|---|--------------------------|-------|-------|
| Grupo  | Lugar                         | sesiones  | Profesor                 | Horas | Dpto. |
| L1   | Lab. Física del Estado Sólido | 4 de 2.5h<br>Del 1-nov al 15-ene<br>Aún no planificadas | Paloma Fernández Sánchez | 10    | FM    |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                          |                                     |                  |                                  |
|--|--------------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Grupo  | Profesor                 | horarios                            | e-mail           | Lugar                            |
| A  | Paloma Fernández Sánchez | M, X, V<br>9:30-11:30 y 15:30-16:30 | arana@fis.ucm.es | Dpcho. 115<br>2ª planta Ala Este |



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

Adquirir la base necesaria para analizar críticamente los nuevos avances en Física de Materiales.

**Resumen**

Principales técnicas experimentales en Física del Estado Sólido. Técnicas de difracción, espectroscopía, microscopía, determinación de propiedades electrónicas, magnéticas y otras técnicas experimentales básicas en el estudio de las propiedades de los sólidos.

**Conocimientos previos necesarios**

Estructura cristalina, red recíproca, vibraciones de las redes cristalinas, electrones en sólidos, bandas de energía, conducción eléctrica, defectos en sólidos, magnetismo

**Programa de la asignatura**

- 1. Introducción a los sistemas criogénicos y a las técnicas de vacío.**
- 2. Fundamentos de la difracción de rayos X, electrones y neutrones.** Ley de Bragg y estructura cristalina. Origen de los diagramas de difracción. Interpretación: intensidad, posición y anchura de los picos. Relación con la estructura cristalina y orientación.
- 3. Medidas de transporte eléctrico.** Medidas de Resistividad, de Corriente-Voltaje y de Capacidad-Voltaje. Medidas de efecto Hall.
- 4. Introducción a las espectroscopías ópticas.** Espectroscopía de absorción. Luminiscencia. Espectroscopía Raman. Espectroscopía de infrarrojo.
- 5. Fundamentos de microscopía electrónica.** Microscopía electrónica de transmisión (TEM). Modos básicos de operación del TEM. Microscopía electrónica de barrido (SEM). Electrones secundarios (topografía). Microanálisis de rayos-X.
- 6. Introducción al estudio de superficies.** Superficies limpias y necesidad de Fundamentos de técnicas de superficies (PES, Auger, LEED).
- 7. Introducción a las microscopías de campo cercano.** Microscopía de efecto túnel (STM). Microscopía de fuerza atómica (AFM). Microscopía óptica de barrido en campo cercano (SNOM), microscopio de fuerza magnética (MFM).
- 8. Otras técnicas.** Resonancia magnética nuclear. Magnetometría SQUID.

**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 Materials 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: 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.

**Laboratorios**

Se impartirán 10 horas de laboratorio, en horario de clase, dedicadas a:

- Caracterización de las propiedades electrónicas de semiconductores
- Caracterización de propiedades magnéticas
- Microscopía
- Espectroscopía

Se complementarán con visitas a centros de investigación experimental en Materiales

### 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..

| <b>Evaluación</b>  |              |               |
|--|--------------|---------------|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | <b>50-70%</b> |
| <p>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.</p> <p>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.</p> |              |               |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | <b>30-50%</b> |
| <p>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.</p> <p>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.</p>  |              |               |
| <b>Calificación final</b>  |              |               |
| <p>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.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>  |              |               |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                       |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Meteorología Dinámica</b>          |                |                 | <b>Código</b>    | 800554 |
| <b>Materia:</b>                | Física de la Atmósfera y de la Tierra | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                              | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8                |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 13                 |

|                                  |                        |                |               |                     |         |
|----------------------------------|------------------------|----------------|---------------|---------------------|---------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Ricardo García Herrera |                |               | <b>Dpto:</b>        | FTAA-II |
|                                  | <b>Despacho:</b>       | 7 (baja Oeste) | <b>e-mail</b> | rgarciah@fis.ucm.es |         |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                        |        |
|---|------|------|-------------|------------------------|--------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor               | Dpto.  |
| A   | 5A   | X, V | 10:30-12:00 | Ricardo García Herrera | FTAAII |

| Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                        |  |       |      |        |
|--|------|------|-------------|------------------------|--|-------|------|--------|
| Grupo  | Aula | Día  | Horario     | Profesor               | Periodo/<br>Fechas   | Horas | T/P* | Dpto.  |
| A  | 5A   | X, V | 10:30-12:00 | Ricardo García Herrera | Todo el semestre (excepto los días 19, 26 y 28 de abril y 3, 5, 10, 17 y 24 de mayo) | 30    | T    | FTAAII |
|  |      |      |             | Carlos Ordóñez García  | Días 19, 26 y 28 de abril y 3, 5, 10, 17 y 24 de mayo en el Aula 1 de Informática )  | 15    | P    | FTAAII |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                        |                    |                     |                                 |
|--|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|
| Grupo  | Profesor               | horarios           | e-mail              | Lugar                           |
| A  | Ricardo García Herrera | X y V: 09:00-11:00 | rgarciah@fis.ucm.es | Dpcho 7, Pl. Baja, Módulo Oeste |
|  | Carlos Ordóñez García  | L: 15:30-17:00     | carlordo@ucm.es     | Dpcho. 8, Pl. Baja Módulo Oeste |

| 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. |

| Resumen  |
|--|
| 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.<br>Termodinámica. Leyes fundamentales y aplicación a gases ideales.<br>Mecánica de fluidos. Conocimiento de las fuerzas que actúan sobre fluidos.<br>Cinemática de fluidos. Ecuaciones de conservación.<br>Cálculo vectorial. Cálculo diferencial e integral. Ecuaciones diferenciales. |

### 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. Teoría del desarrollo de Sutcliffe. Ecuación omega.

### Bibliografía

#### **BÁSICA**

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

#### **COMPLEMENTARIA**

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

J.M. Wallace y P.V. Hobbs (1977, 1<sup>st</sup> Edn ; 2006, 2<sup>nd</sup> 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

| <b>Metodología</b>   |  |
|--|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la dinámica atmosférica, incluyendo ejemplos y aplicaciones reales y operativas.</li> </ul> <p>Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen de manera adecuada. También se realizarán 5 sesiones prácticas en el aula de informática. 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. Los alumnos realizarán predicciones del tiempo a 48-72 horas a partir de recursos web.</p> <p>Las presentaciones de las lecciones, así como la lista de problemas serán facilitadas al alumno por medio del campus virtual con antelación suficiente.</p> <p>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. Entregarán las correspondientes memorias de las prácticas.</p> |  |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>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.</p>   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>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.</p>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>La calificación final será el resultado de la media ponderada de cada uno de los métodos de evaluación según su peso indicado anteriormente:</p> $C_{Final} = 0.70 \cdot N_{Exam} + 0.30 \cdot N_{OA}$ <p>donde <math>N_{Exam}</math> la calificación obtenida en la realización del examen y <math>N_{OA}</math> es la correspondiente a Otras Actividades.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |





## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                       |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Termodinámica de la Atmósfera</b>  |                |                 | <b>Código</b>    | 800555 |
| <b>Materia:</b>                | Física de la Atmósfera y de la Tierra | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                              | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin./Lab. |
|---------------------------|-------|----------|--------------------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8                |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 13                 |

|                                  |                         |     |               |                 |        |
|----------------------------------|-------------------------|-----|---------------|-----------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Encarna Serrano Mendoza |     |               | <b>Dpto:</b>    | FTAA-I |
|                                  | <b>Despacho:</b>        | 111 | <b>e-mail</b> | eserrano@ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |            |                             |        |
|---|------|------|------------|-----------------------------|--------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario    | Profesor                    | Dpto.  |
| A   | 6    | M, J | 9:00-10:30 | Encarnación Serrano Mendoza | FTAA-I |

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                             |                  |                 |                                    |
|--|-----------------------------|------------------|-----------------|------------------------------------|
| Grupo  | Profesor                    | horarios         | e-mail          | Lugar                              |
| A  | Encarnación Serrano Mendoza | X: 10:30-13:30 h | eserrano@ucm.es | Despacho 111 (4ª planta, ala este) |

**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.

**Resumen**

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.

**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 pseudoadiabáticos. Temperatura pseudo-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, 6ª edición. West Publ. Co. (2000)
- 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 incluirá 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 planificará en el acuerdo marco de colaboración existente entre AEMET y UCM, y tendrá 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.

Como parte de la evaluación continua, los alumnos tendrán que entregar problemas propuestos para este fin, en las fechas que determine el profesor.

| Evaluación   |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>Se realizarán dos exámenes tipo test (en horario de clase) y 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). La calificación final, relativa a exámenes, <math>N_{Final}</math>, se obtendrá de la mejor de las opciones:</p> $N_{Final} = 0.3 N_{test} + 0.7 N_{Ex\_Final}$ $N_{Final} = N_{Ex\_Final}$ <p>Donde <math>N_{test}</math> es la nota media obtenida en los test y <math>N_{Ex\_Final}</math> es la nota obtenida en el examen final, ambas sobre 10.</p> <p>Para la realización de los exámenes, el alumno no podrá consultar ningún tipo de material. En el examen final se aportará al alumno una relación de valores de constantes y tablas como apoyo para la resolución de los problemas.</p> |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>Durante el curso, y como parte de la evaluación continua, el alumno entregará de forma individual los problemas 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 hasta entonces llevadas a cabo. Sólo podrán obtener una calificación en este apartado (<math>N_{OtrasActiv}</math>) aquellos alumnos que hayan asistido como mínimo a un 70% de las clases.</p>  |              |     |
| Calificación final   |              |     |
| <p>La calificación final será la mejor de las opciones:</p> $C_{Final} = 0.7 N_{Final} + 0.3 N_{OtrasActiv}$ $C_{Final} = N_{Final}$ <p>donde <math>N_{OtrasActiv}</math> es la calificación correspondiente a Otras Actividades y <math>N_{Final}</math> la obtenida en la realización de los exámenes.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p>  |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                                       |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Geomagnetismo y Gravimetría</b>    |                |                 | <b>Código</b>    | 800557 |
| <b>Materia:</b>                | Física de la Atmósfera y de la Tierra | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                              | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 1      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 10            | 3    |

|                                  |                                  |     |               |                    |        |
|----------------------------------|----------------------------------|-----|---------------|--------------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | M <sup>a</sup> Luisa Osete López |     |               | <b>Dpto:</b>       | FTAA-I |
|                                  | <b>Despacho:</b>                 | 114 | <b>e-mail</b> | mlosete@fis.ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |      |             |                                  |        |
|---|------|------|-------------|----------------------------------|--------|
| Grupo   | Aula | Día  | Horario     | Profesor                         | Dpto.  |
| A   | 6    | M, J | 12.00-13.30 | M <sup>a</sup> Luisa Osete López | FTAA-I |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                                |                             |                                       |       |        |
|--|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------|--------|
| Grupo  | Lugar                          | sesiones                    | Profesor                              | Horas | Dpto.  |
| LAB  | Aulas Informática<br>1, 2 y 15 | 2 diciembre<br>16:30-18:00  | M <sup>a</sup> Luisa Osete López (A1) | 3     | FTAA-I |
|  |                                |                             | Alicia Palencia Ortas (A2)            | 3     |        |
|  |                                | 25 noviembre<br>16:30-18:00 | Javier Pavón Carrasco (A3)            | 3     |        |

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |                                  |                 |                    |                     |
|---|----------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Profesor</b>                  | <b>horarios</b> | <b>e-mail</b>      | <b>Lugar</b>        |
| A   | M <sup>a</sup> Luisa Osete López | L: 15.00-18.00  | mlosete@fis.ucm.es | <b>Despacho 114</b> |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>                                     |
|--|
| Conocer los campos gravitatorio y magnético de la Tierra y su influencia en todas las observaciones y fenómenos físicos. |

| <b>Resumen</b>   |
|--|
| Campo magnético interno y externo, gravimetría. Descripción matemática. Forma de la Tierra. Variaciones del campo magnético terrestre. Origen del campo magnético terrestre. Aplicaciones. |

| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
|---|
| Conocimientos básicos impartidos en el Grado en <i>Física</i> sobre electricidad y magnetismo, mecánica y ecuaciones diferenciales. |

**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   |
|--|
| <p><i>Básica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Merril, R.T, M. McElhinny y P. McFadden. The Magnetic Field of the Earth, Academic Press, Boston. 1996,</li> <li>• Parkinson, W.D. Introduction to Geomagnetism, Elsevier, Amsterdam. 1983,</li> <li>• Torge, W. Gravimetry. Walter de Gruyter. Berlin, 1989.</li> <li>• Udías, A. y J. Mezcua. Fundamentos de Geofísica. Alianza Universidad Textos. 1997</li> </ul> <p><i>Complementaria</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buforn, E., Pro, C. y A. Udías. Problemas resueltos de Geofísica. Pearson Educación, S.A. 2010.</li> <li>• Campbell, W.H., Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge University Press, Cambridge. 1997</li> <li>• Heiskanen, W. y Moritz, H. Geodesia Física. Instituto Geográfico Nacional. 1985.</li> <li>• Jacobs, J.A. (Editor), Geomagnetism, Academic Press, Londres. 1991</li> <li>• Ratcliffe, J.A. An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge University Press., 1972.</li> </ul> |
| Recursos en internet   |
| Campus Virtual   |

| Metodología   |
|---|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos del campo magnético y de la gravedad de la Tierra.</li> <li>• Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen adecuadamente.</li> <li>• 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.</li> <li>• Seminarios: las lecciones se verán complementadas con el estudio de casos reales de actualidad o de referencia (discusión de artículos de referencia, aplicaciones, etc).</li> </ul> <p>Como parte de la evaluación continua, los estudiantes deberán entregar trabajos monográficos que serán discutidos en los Seminarios.</p> |



| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 70% |
| <p>Se realizará un sólo examen de teoría y problemas al final del curso. El examen tendrá una parte de cuestiones básicas (teórico-prácticas) y otra parte de problemas (de nivel similar a los resueltos en clase).</p> <p>Para la realización de la parte de problemas se podrán consultar libros y/o apuntes .</p>   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 30% |
| <p>Se obtendrán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hasta 10 puntos por los trabajos monográficos</li> <li>- Hasta 10 puntos por las prácticas y entrega de problemas</li> <li>- Hasta 10 puntos por la participación en clase y en los seminarios.</li> </ul>  |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| <p>La calificación final será <math>N_{Final}=0.7N_{Exámen}+0.3N_{OtrasActiv}</math>, donde <math>N_{Exámen}</math> y <math>N_{OtrasActiv}</math> son (en una escala 0-10) las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores.</p> <p>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |   |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|---|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Sismología y Estructura de la Tierra</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800556 |
| <b>Materia:</b>                | Física de la Atmósfera y de la Tierra       | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                                    | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 7             | 6    |

|                                  |   |     |               |                 |        |
|----------------------------------|---|-----|---------------|-----------------|--------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Vicenta M <sup>a</sup> Elisa Buforn Peiró |     |               | <b>Dpto:</b>    | FTAA-I |
|                                  | <b>Despacho:</b>                          | 116 | <b>e-mail</b> | ebufornp@ucm.es |        |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |        |             |   |        |
|---|------|--------|-------------|---|--------|
| Grupo   | Aula | Día    | Horario     | Profesor                                  | Dpto.  |
| A   | 5A   | L<br>X | 13:30-15:00 | Vicenta M <sup>a</sup> Elisa Buforn Peiró | FTAA-I |

| <b>Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado</b> |            |                                  |   |          |               |
|---|------------|----------------------------------|---|----------|---------------|
| Grupo   | Lugar      | sesiones                         | Profesor  | Horas    | Dpto.         |
| <b>A1</b>   | <b>AI1</b> | <b>29 marzo, 9:00-10:30</b>      | <b>Vicenta M<sup>a</sup> Elisa Buform Peiró</b> | <b>6</b> | <b>FTAA-I</b> |
|   |            | <b>26 abril , 9:00-10:30</b>     |   |          |               |
|   |            | <b>17 mayo, 9:00-10:30</b>       |   |          |               |
|   |            | <b>A determinar, 9:00-10:30</b>  |   |          |               |
| <b>A2</b>   | <b>AI1</b> | <b>29 marzo, 13:30-15:00</b>     | <b>Vicenta M<sup>a</sup> Elisa Buform Peiró</b> | <b>6</b> | <b>FTAA-I</b> |
|   |            | <b>26 abril , 13:30-15:00</b>    |   |          |               |
|   |            | <b>17 mayo, 13:30-15:00</b>      |   |          |               |
|   |            | <b>A determinar, 13:30-15:00</b> |   |          |               |

| <b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b> |   |                       |   |            |
|---|---|-----------------------|---|------------|
| Grupo   | Profesor  | horarios              | e-mail  | Lugar      |
| <b>A</b>  | <b>Vicenta M<sup>a</sup> Elisa Buform Peiró</b> | <b>X: 10:30-13:30</b> | <u><a href="mailto:ebuformp@ucm.es">ebuformp@ucm.es</a></u> | <b>116</b> |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| Comprender la generación y propagación de ondas en la Tierra y establecer su relación con la estructura y dinámica de la Tierra. |

| <b>Resumen</b>  |
|---|
| Propagación de ondas sísmicas. Estructura interna de la Tierra. Parámetros focales de los terremotos. Sismicidad, sismotectónica y riesgo sísmico. Flujo térmico. Geocronología y datación. Dinámica terrestre. |

| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
|---|
| Conocimientos básicos impartidos en el grado de Física en elasticidad, óptica geométrica, termodinámica y radiactividad |

### 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. *Principles of Seismology*. Cambridge University Press, 2000

### 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.

| <b>Evaluación</b>   |              |     |
|---|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>  | <b>Peso:</b> | 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.   |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>  | <b>Peso:</b> | 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 |              |     |
| <b>Calificación final</b>   |              |     |
| 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 2016-17)

|                                |   |                |                 |                  |        |
|--------------------------------|---|----------------|-----------------|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Geofísica y Meteorología Aplicadas</b> |                |                 | <b>Código</b>    | 800558 |
| <b>Materia:</b>                | Física de la Atmósfera y de la Tierra     | <b>Módulo:</b> | Física Aplicada |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                                  | <b>Curso:</b>  | 4º              | <b>Semestre:</b> | 2      |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Se min. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|----------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8            |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 43    | 30       | 1              | 12   |

|                                  |                       |             |               |                |         |
|----------------------------------|-----------------------|-------------|---------------|----------------|---------|
| <b>Profesor/a Coordinador/a:</b> | Carlos Ordóñez García |             |               | <b>Dpto:</b>   | FTAA-II |
|                                  | <b>Despacho:</b>      | 8- pl. baja | <b>e-mail</b> | calordo@ucm.es |         |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |       |      |               |                         |                 |       |       |        |
|---|-------|------|---------------|-------------------------|-----------------|-------|-------|--------|
| Grupo   | Aula  | Día  | Horario       | Profesor                | Periodo/ Fechas | Horas | T/P*  | Dpto.  |
| <b>A</b>  | 5A ** | L, X | 12:00 - 13:30 | Carlos Ordóñez García   | L               | 16.5  | T/P/S | FTAAII |
|   |       |      |               | Fátima Martín Hernández | X               | 16.5  | T/P   | FTAAI  |

\*: T:teoría, P:prácticas, S:seminarios

\*\* Excepto días de laboratorio

| Tutorías - Detalle de horarios y profesorado |                         |   |                   |                                 |
|--|-------------------------|---|-------------------|---------------------------------|
| Grupo  | Profesor                | horarios  | e-mail            | Lugar                           |
| <b>A</b>                                     | Carlos Ordóñez García   | L:<br>15:30-17:00                                       | calordo@ucm.es    | Despacho 8<br>Pl. Baja<br>Oeste |
|  | Fátima Martín Hernández | J: 10:00-13:00<br>Tutoría on line en días<br>laborables | fatima@fis.ucm.es | Despacho<br>214- 4ª Pl.         |

| <b>Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado</b> |                            |   |                             |              |              |
|---|----------------------------|---|-----------------------------|--------------|--------------|
| <b>Grupo</b>  | <b>Lugar</b>               | <b>sesiones</b>   | <b>Profesor</b>             | <b>Horas</b> | <b>Dpto.</b> |
| <b>LAB1</b>   | Aulas de Informática 1 y 2 | 24 de abril<br>8, 22 y 29 de mayo   | Carlos Ordóñez García       | 6            | FTAAII       |
|   |                            |   | Luis Durán Montejano        | 6            |              |
| <b>LAB2</b>   | Aula 1 de Informática      | Tres sesiones inmediatamente después de la toma de datos.<br>Días previstos:<br>8 y 22 de marzo<br>31 de mayo | Fátima Martín Hernández     | 6            | FTAAI        |
|   |                            |   | Francisco J. Pavón Carrasco | 6            |              |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Adquirir la base necesaria para analizar críticamente los avances en Geofísica y Meteorología.</li> </ul> |

| <b>Resumen</b>   |
|--|
| <p>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.</p> |

| <b>Conocimientos previos necesarios</b>   |
|---|
| <p>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.</p> |



### 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. 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, sísmicos 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.- Medida con el gravímetro. Puesta en estación y determinación de la deriva.  
 Práctica: Medida, con el magnetómetro de protones, de las anomalías magnéticas producidas por estructuras, subterráneas o no, en el jardín.  
 Práctica: Utilización del geo-radar (GPR) para la localización de estructuras enterradas  
 Prácticas de gabinete en el Aula 1 de informática , 2 y 3: Representación, tratamiento e interpretación de los datos obtenidos.  
 Las fechas de realización de estas prácticas dependen del tiempo meteorológico, en caso de cancelación 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. Seventh edition, 2008.
- 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. Mezcuca, 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).

| <b>Metodología</b>   |
|--|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de geofísica y meteorología y sus métodos de análisis.</li> <li>• Ejemplos prácticos que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen adecuadamente.</li> <li>• 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).</li> <li>• Como parte de la evaluación continua, los estudiantes deberán entregar trabajos monográficos.</li> </ul> |

| <b>Evaluación</b>  |              |     |
|--|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>   | <b>Peso:</b> | 50% |
| <p>Se realizará un examen final que constará de cuestiones teórico-prácticas<br/>La calificación final, relativa a exámenes, será <math>N_{Final}</math>.</p>  |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>   | <b>Peso:</b> | 50% |
| <p>El alumno deberá realizar correctamente y entregar las prácticas que se detallan en el programa.<br/>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.<br/><br/>La calificación global de este apartado será <math>N_{OtrasActiv}</math>.</p>   |              |     |
| <b>Calificación final</b>  |              |     |
| <p>La calificación final será: <math>C_{Final}=0.5 N_{Final}+0.5 N_{OtrasActiv}</math><br/><u>siempre y cuando</u> el alumno haya entregado las prácticas que se especifican en el programa.<br/><math>N_{OtrasActiv}</math> es la calificación correspondiente a Otras Actividades y <math>N_{Final}</math> la obtenida en la realización de los exámenes.<br/><br/>La calificación de la convocatoria extraordinaria de septiembre se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación. Si un alumno tiene aprobada la parte "otras actividades de evaluación" (<math>N_{OtrasActiv} \geq 5</math>) pero su nota media no alcanza el aprobado en la convocatoria de junio, no se le requerirá que vuelva a presentar las memorias de las prácticas. En ese caso podrá mantener su nota <math>N_{OtrasActiv}</math>, que se promediará con la nota <math>N_{Final}</math> obtenida en el examen de septiembre.</p> |              |     |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |                             |                            |     |                  |        |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Trabajo Fin de Grado</b> |                            |     | <b>Código</b>    | 800528 |
| <b>Módulo/Materia:</b>         | Trabajo Fin de Grado        |                            |     |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Obligatorio                 | <b>Curso:</b>              | 4º  | <b>Semestre:</b> | 2º     |
| <b>Créditos ECTS:</b>          | 6                           | <b>Horas de dedicación</b> | 150 |                  |        |

|                                  |                                     |               |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| <b>Profesor/a coordinador/a:</b> | Secretario Académico de la Facultad | secfis@ucm.es |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|

| Grupo   | Profesor   | e-mail                                     |
|---|--|--|
| Física Aplicada I                                     | Vicenta María Barragán García<br>Armando Relaño Pérez          | vmabarra@fis.ucm.es<br>arelanop@ucm.es     |
| Física Aplicada III                                   | Ignacio Mártil de la Plaza<br>José Miguel Miranda Pantoja      | imartil@fis.ucm.es<br>miranda@fis.ucm.es   |
| Física Atómica<br>Molecular y Nuclear                 | Luis Dinis Vizcaino<br>Luis Mario Fraile Prieto                | ldinis@ucm.es<br>fraile@nuc2.fis.ucm.es    |
| Física de Materiales I                                | Ana Isabel Cremades Rodríguez<br>Pilar Marín Palacios          | cremades@fis.ucm.es<br>mpmarin@fis.ucm.es  |
| Física de Materiales II                               | Ana Isabel Cremades Rodríguez<br>Ana Urbieta Quiroga           | cremades@fis.ucm.es<br>anaur@fis.ucm.es    |
| Física Teórica I                                      | Antonio Dobado González<br>Antonio Muñoz Sudupe                | dobado@fis.ucm.es<br>sudupe@fis.ucm.es     |
| Física Teórica II                                     | Francisco Javier China Trujillo<br>José Ignacio Aranda Iriarte | china@fis.ucm.es<br>pparanda@fis.ucm.es    |
| Física de la Tierra<br>Astronomía y<br>Astrofísica I  | Miguel Herraíz Sarachaga<br>Rosa María González Barras         | mherraiz@fis.ucm.es<br>barras@fis.ucm.es   |
| Física de la Tierra<br>Astronomía y<br>Astrofísica II | Elisa de Castro Rubio<br>Carlos Ordóñez García                 | eli@astrax.fis.ucm.es<br>carlordo@ucm.es   |
| Óptica  | Rosario Martínez Herrero<br>Julio Serna Galán                  | r.m-h@fis.ucm.es<br>azul@fis.ucm.es        |
| Arquit. de<br>Computadores y<br>Automática            | Daniel Ángel Chaver Martínez<br>José Manuel Velasco Cabo       | dani02@dacya.ucm.es<br>mvelascc@fis.ucm.es |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <p>El TFG será realizado individualmente por cada estudiante, bajo la supervisión de los profesores responsables. El estudiante llevará a cabo la elaboración del trabajo, deberá redactar y presentar una memoria sobre el mismo y defenderlo en presentación pública ante un tribunal evaluador. La carga de trabajo se estima en 4 ECTS para la realización del trabajo y 2 ECTS para la redacción y defensa de la memoria (25 horas por cada ECTS).</p> <p>La labor de los profesores es la de orientar y supervisar el trabajo del estudiante, aportando sugerencias o ayudándole con eventuales obstáculos y dificultades. Pero la superación con éxito de esta asignatura es responsabilidad exclusiva del estudiante. Es el propio estudiante quien debe reconocer las dudas que surjan al abordar el tema e intentar aclararlas, estudiar la bibliografía básica que se le haya aconsejado, realizar los cálculos o medidas, elaborarlas y obtener conclusiones, redactar correctamente el informe, estructurando los contenidos e integrándolos adecuadamente en un contexto más amplio que trascienda el problema puntual tratado, elaborar la presentación y prepararse adecuadamente para la discusión del trabajo con el tribunal que lo evalúe.</p> <p>Todos los detalles sobre el procedimiento de matrícula, evaluación, asignación, propuesta de temas, etc. están fijados en el reglamento aprobado por junta de facultad del 5 de julio de 2013.</p> |
| <b>Resultados</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los relacionados con el tema del trabajo concreto que realice cada estudiante.</li> <li>• Estudiar en profundidad, analizar y desarrollar un tema concreto basándose en los contenidos y el nivel de las materias del Grado.</li> <li>• Mostrar capacidad para aplicar las habilidades y competencias adquiridas durante los estudios de Grado a situaciones concretas y nuevas.</li> <li>• Ser capaz de presentar una memoria con los resultados de un trabajo y hacer una defensa oral de esta.</li> </ul>  |
| <b>Resumen</b>   |
| <p>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. La orientación del trabajo puede ser teórica, experimental, etc.</p> <p>Aparte de la relación de temas ofertados antes indicada, los detalles de cada uno pueden consultarse en la ficha de cada uno en <a href="http://fisicas.ucm.es/trabajo-fin-de-grado">http://fisicas.ucm.es/trabajo-fin-de-grado</a></p>  |

| Recursos en internet   |
|--|
| <a href="https://fisicas.ucm.es/tfg-gradofisica">https://fisicas.ucm.es/tfg-gradofisica</a>  |
| Metodología  |
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de un trabajo.</li> <li>• Elaboración y exposición pública de una memoria sobre el trabajo realizado.</li> </ul> <p>La distribución en créditos ECTS para las dos actividades formativas anteriores se estima en 4 y 2 ECTS respectivamente.</p> |
| Evaluación   |
| <p>Con el fin de evaluar los Trabajos Fin de Grado desarrollados por los estudiantes la Junta de Facultad nombrará uno o varios tribunales al efecto. Dichos tribunales valorarán la precisión, estructuración y presentación de la memoria del trabajo y de su exposición y defensa oral.</p>   |

**Relación de Temas ofertados y número de plazas ofrecidas para cada uno**

| Departamento de Óptica  |        |
|---|--------|
| Tema  | Plazas |
| Aleatoriedad sin probabilidad: ¿Qué es la luz no clásica y para qué sirve?                    | 2      |
| Haces ópticas con momento orbital angular   | 1      |
| Visualización de objetos transparentes  | 1      |
| Estados cuánticos extremos y sus constelaciones de Majorana                                   | 2      |
| Sensores de fibra óptica  | 1      |
| Modelización de un sensor de fibra óptica estrechada  | 1      |
| Interferencias con haces de fotones independientes  | 1      |
| Fundamentos de la holografía analógica  | 2      |
| Polarización de la luz  | 2      |
| Fotografía Computacional, Calibración geométrica de una cámara digital                        | 1      |
| Reflexión en metales  | 1      |
| Regla de oro de Fermi   | 1      |
| Aplicación del efecto magnetoóptico lineal a la obtención de campos espiralmente polarizados. | 1      |
| Efecto Goos–Hänchen   | 1      |
| ¿Cuánto de clásico tiene un estado cuántico entrelazado?                                      | 1      |
| ¿Cuánto ruido hace falta para borrar un patrón de interferencia de Young?                     | 1      |
| Correlaciones en fotones  | 2      |

(continuación)

**Relación de Temas ofertados y número de plazas ofrecidas para cada uno**

| <b>Departamento de Física de la Tierra Astronomía y Astrofísica II</b>          |               |
|---|---------------|
| <b>Tema</b>   | <b>Plazas</b> |
| El actual estado del arte en la investigación sobre exoplanetas.                | 3             |
| Estrellas binarias  | 5             |
| Actividad estelar   | 5             |
| Impacto de la meteorología en las concentraciones de contaminantes atmosféricos | 12            |

| <b>Departamento de Física Teórica I</b>   |               |
|---|---------------|
| <b>Tema</b>   | <b>Plazas</b> |
| Modelos alternativos de gravitación y cosmología  | 2             |
| Teoría de la Información Cuántica   | 1             |
| Computación Cuántica Topológica: Una Introducción   | 1             |
| Estudio de la Percolación en D=2  | 3             |
| Fenómenos críticos  | 2             |
| La naturaleza de las partículas elementales según la Mecánica Cuántica y la Teoría Cuántica de Campos | 2             |
| Estudio de resonancias en las colisiones en el LHC, en ALICE.   | 3             |
| Geometría del monopolo magnético  | 1             |
| Potencial efectivo del Higgs en el marco del Electroweak Chiral Lagrangian                            | 2             |
| Desintegraciones en física de partículas: información y entropía                                      | 3             |
| Efecto Unruh y ruptura espontánea de la simetría  | 2             |

| <b>Departamento de Física de Materiales</b>      |               |
|--|---------------|
| <b>Tema</b>                                      | <b>Plazas</b> |
| Aplicaciones de nanomateriales y nanoestructuras | 14            |
| Materiales Avanzados                             | 14            |
| Nanofísica                                       | 14            |
| Nanoestructuras magnéticas                       | 15            |

| <b>Departamento de Física Aplicada III</b>                                  |               |
|---|---------------|
| <b>Tema</b>   | <b>Plazas</b> |
| Detectores de movimiento  | 3             |
| Rayos atmosféricos: generación y técnicas de protección                     | 4             |
| Situación actual y perspectivas de futuro de los dispositivos fotovoltaicos | 10            |
| Eficiencia energética y LEDs  | 4             |

| <b>Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática</b> |               |
|--|---------------|
| <b>Tema</b>  | <b>Plazas</b> |
| Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos                      | 16            |

(continuación)

**Relación de Temas ofertados y número de plazas ofrecidas para cada uno**

| <b>Departamento de Física Teórica II</b>  |               |
|---|---------------|
| <b>Tema</b>   | <b>Plazas</b> |
| Mecánica Estadística Cuántica   | 2             |
| Integrabilidad, caos y propiedades de entrelazamiento en sistemas cuánticos   | 2             |
| Solitones y Sistemas Integrables en Física  | 2             |
| Aplicación de la teoría de sistemas dinámicos autónomos al estudio de un modelo de quintaesencia para la energía oscura en Cosmología | 1             |
| Sólido rígido rotante: aspectos matemáticos, casos integrables y modelos  | 1             |
| Sistemas autónomos, mapas de fases y estabilidad  | 1             |
| Aplicaciones de funciones especiales en física  | 2             |
| Estrellas Relativistas  | 1             |
| Física Matemática: Funciones especiales y sistemas integrables  | 2             |
| Aplicaciones de Álgebras de Lie en Física   | 1             |
| QCD, Física Hadrónica y Teorías Efectivas   | 5             |
| Campos cuánticos en espaciotiempos curvos   | 2             |

| <b>Departamento de Física Atómica Molecular y Nuclear</b>   |               |
|---|---------------|
| <b>Tema</b>   | <b>Plazas</b> |
| Física Biomédica  | 2             |
| Soluciones numéricas en teorías clásicas de campos: vórtices, solitones y agujeros negros               | 1             |
| Aceleradores cósmicos extremos: Pulsares y Agujeros Negros  | 1             |
| Astronomía con neutrinos  | 1             |
| Balas cósmicas  | 1             |
| Física Aplicada al Deporte  | 1             |
| Toda la luz del Universo  | 1             |
| Einstein, el movimiento browniano y la bacteria E. coli   | 2             |
| Física Estadística del Demonio de Maxwell y de otros sistemas realimentados                             | 1             |
| Física de Astropartículas   | 1             |
| Búsqueda de Materia Oscura  | 1             |
| Física de los motores moleculares celulares   | 1             |
| SETI: Búsqueda de inteligencia extraterrestre   | 1             |
| Física Nuclear Teórica, Experimental y Aplicada   | 9             |
| ENERGÍA. Desarrollo de modelos matemáticos para la evaluación de la energía solar en centrales de torre | 1             |
| ENERGÍA: Estudio de modelos para evaluar el potencial del viento  | 1             |
| ENERGÍA. Sistemas de recuperación de calor: análisis de la mejora de la eficiencia energética           | 1             |

(continuación)

**Relación de Temas ofertados y número de plazas ofrecidas para cada uno**

| <b>Departamento de Física Aplicada I</b>                                   |               |
|--|---------------|
| <b>Tema</b>  | <b>Plazas</b> |
| Mecánica cuántica, entrelazamiento y segundo principio                     | 2             |
| Física estadística cuántica  | 3             |
| Temperaturas absolutas negativas   | 1             |
| Fenómenos de transporte en materiales poliméricos: un estudio experimental | 4             |
| Conductividad térmica  | 1             |
| Membranas de intercambio iónico y energía                                  | 1             |
| Estructuras disipativas  | 1             |
| Medios porosos: fenómenos de transporte y estructura del poro              | 2             |

| <b>Departamento de Física de la Tierra Astronomía y Astrofísica I</b>  |               |
|--|---------------|
| <b>Tema</b>  | <b>Plazas</b> |
| Estructura del interior de la Tierra   | 1             |
| Registro de terremotos: del sismógrafo analógico al digital  | 1             |
| Evolución de las concentraciones del dióxido de nitrógeno en la Comunidad y ciudad de Madrid.  | 1             |
| Tormentas Geomagnéticas  | 1             |
| Geomagnetismo y biomagnetismo: orientación animal y campo magnético terrestre  | 1             |
| Reconstrucción histórico-jerárquica de los alcances científicos más destacados para el núcleo sólido terrestre   | 2             |
| Caracterización del fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur y sus impactos  | 1             |
| Caracterización del Monzón de África Occidental  | 1             |
| Modelos físico-matemáticos de las deformaciones volcánicas   | 1             |
| El pasado del campo magnético terrestre registrado en yacimientos arqueológicos  | 2             |
| Propiedades magnéticas de yacimientos arqueológicos  | 2             |
| Origen del campo magnético terrestre   | 1             |
| Análisis Matemático del Campo Magnético de la Tierra   | 1             |
| Osciladores en el clima. El fenómeno de El Niño  | 2             |
| Aplicación del magnetismo de rocas para caracterizar la dinámica de transporte magnético en el pasado  | 3             |
| Identificación de las direcciones del campo magnético terrestre del pasado preservadas en rocas y de los minerales ferromagnéticos responsables de esas remanencias. | 3             |
| El Determinismo en la Historia de la Física  | 1             |
| Estudio de la turbulencia y su aplicación a la atmósfera terrestre   | 1             |
| Caracterización de la variabilidad de la temperatura observada en Madrid, y detección y atribución de tendencias climáticas.   | 1             |



### Composición de los tribunales para Trabajos Fin de Grado que actuarán en cada departamento

| Dpto.   | Miembros internos               |                             | Miembro externo                 |
|---------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| FA-I    | Vicenta María Barragán García   | Armando Relaño Pérez        | Ignacio Mártil de la Plaza      |
| FA-III  | Ignacio Mártil de la Plaza      | José Miguel Miranda Pantoja | Francisco Javier China Trujillo |
| FAMN    | Luis Dinis Vizcaino             | Luis Mario Fraile Prieto    | Vicenta María Barragán García   |
| FM gr1  | Ana Isabel Cremades Rodríguez   | Pilar Marín Palacios        | Daniel Chaver Martínez          |
| FM gr2  | Ana Isabel Cremades Rodríguez   | Ana Urbietta Quiroga        | Elisa de Castro Rubio           |
| FT-I    | Antonio Dobado González         | Antonio Muñoz Sudupe        | Pilar Marín Palacios            |
| FT-II   | Francisco Javier China Trujillo | José Ignacio Aranda Iriarte | Rosario Martínez Herrero        |
| FTAA-I  | Miguel Herraíz Sarachaga        | Rosa María González Barras  | Luis Dinis Vizcaino             |
| FTAA-II | Elisa de Castro Rubio           | Carlos Ordóñez Garcia       | Antonio Dobado González         |
| Opt     | Rosario Martínez Herrero        | Julio Serna Galán           | Carlos Ordóñez Garcia           |
| ACyA    | Daniel Chaver Martínez          | José Manuel Velasco Cabo    | Miguel Herraíz Sarachaga        |



## Grado en Física (curso 2016-17)

|                                |  |                            |     |                  |        |
|--------------------------------|--|----------------------------|-----|------------------|--------|
| <b>Ficha de la asignatura:</b> | <b>Prácticas en Empresa / Tutorías</b> |                            |     | <b>Código</b>    | 800559 |
| <b>Módulo/Materia:</b>         | Módulo Transversal                     |                            |     |                  |        |
| <b>Carácter:</b>               | Optativo                               | <b>Curso:</b>              | 4º  | <b>Semestre:</b> |        |
| <b>Créditos ECTS:</b>          | 6                                      | <b>Horas de dedicación</b> | 150 |                  |        |

|                                  |  |               |
|----------------------------------|--|---------------|
| <b>Profesor/a coordinador/a:</b> | Vicedecano de Investigación y Relaciones Externas (Prácticas en Empresa) | vdrfis@ucm.es |
|                                  | Vicedecana de Calidad y Recursos Humanos (Tutorías)                      | vdcal@ucm.es  |

| Grupo                       | Profesor              | e-mail |
|-----------------------------|-----------------------|--------|
| <b>Prácticas en Empresa</b> | Tribunal a determinar |        |
| <b>Tutorías</b>             | Tribunal a determinar |        |

| <b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Familiarizarse con el entorno profesional, poniendo en práctica las capacidades adquiridas y acercándose al mundo laboral.</li> <li>Adquirir experiencia docente y reforzar la capacidad de transmitir conocimientos.</li> </ul>  |
| <b>Resumen</b>   |
| <p>Realización de prácticas en empresas; colaboración en la docencia de las asignaturas de los dos primeros años del Grado.</p> <p>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 7 de abril de 2014 y disponible en:</p> <p><a href="http://fisicas.ucm.es/practicas-externas-y-tutorias">http://fisicas.ucm.es/practicas-externas-y-tutorias</a></p> |

| Recursos en internet  |
|---|
| <a href="http://fisicas.ucm.es/practicas-externas-y-tutorias">http://fisicas.ucm.es/practicas-externas-y-tutorias</a>   |
| Metodología   |
| <p><b>PRÁCTICAS EN EMPRESA:</b></p> <p>La realización de esta actividad tendrá lugar en una empresa o institución externa de entre aquellas que tengan convenio establecido con la titulación.</p> <p>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.</p> <p>El periodo de prácticas podrá realizarse durante el curso académico en el que se somete a evaluación la asignatura, o en los meses de verano del curso inmediatamente anterior.</p> <p><b>TUTORÍAS:</b></p> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Resolución de problemas, corrección de ejercicios propuestos y aclaración de dudas, en sesiones de tutorías programadas en el aula.</li><li>- Apoyo en las clases de prácticas en los laboratorios y en el aula de informática.</li><li>- Participación en reuniones de coordinación.</li></ul> <p>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 su actividad, dentro de las tareas programadas, para cubrir la dedicación establecida de 150 horas y poder optar a la evaluación posterior.</p> <p>Más información en el siguiente enlace:<br/><a href="http://fisicas.ucm.es/practicas-externas-y-tutorias">http://fisicas.ucm.es/practicas-externas-y-tutorias</a></p> |

### 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 estudiante deberá presentar además un informe detallado, cuyas características establecerá el tribunal evaluador, sobre el trabajo realizado.

**Tutorías:** El coordinador de la asignatura emitirá un informe valorando aspectos como puntualidad, grado de cumplimiento de los objetivos, iniciativa y capacidad de comunicación con los alumnos. Asimismo, el alumno tutor elaborará un informe en el que exponga el trabajo realizado, incluyendo su valoración sobre el seguimiento de la asignatura por parte de los estudiantes, los puntos del programa que más dificultades plantean, conocimientos previos que deberían reforzarse, etc.

A la vista de los informes anteriores, dos tribunales, uno por cada modalidad, nombrados al efecto anualmente por la Junta de Facultad, evaluarán a los alumnos. En la modalidad B, el tribunal se nombrará de entre los coordinadores de las asignaturas de los dos primeros cursos.

Como parte de la evaluación, los tribunales organizarán una sesión en la que cada estudiante realice una breve exposición sobre el trabajo realizado.

El sistema de calificaciones se atenderá a lo establecido en el Real Decreto 1125/2003. Las Matrículas de Honor permitidas por la normativa se asignarán por orden de calificación en esta asignatura, de entre aquellas calificaciones mayores o iguales que 9.0. En caso de empate, se utilizará como criterio de desempate la nota media del expediente académico.

## 6. Cuadros Horarios Grado en Física

### 6.1 1<sup>er</sup> Curso

| 1º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO A Aula7 |                         |                         |                                       |                                       |                         |
|--|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
|  | Lunes                   | Martes                  | Miércoles                             | Jueves                                | Viernes                 |
| 9:00                                   | Fundamentos de Física I | Fundamentos de Física I |                                       | Fundamentos de Física I               | Fundamentos de Física I |
| 9:30                                   |                         |                         |                                       |                                       |                         |
| 10:00                                  |                         |                         | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.A |                                       |                         |
| 10:30                                  | Matemáticas             | Matemáticas             |                                       | Matemáticas                           | Matemáticas             |
| 11:00                                  |                         |                         |                                       |                                       |                         |
| 11:30                                  |                         |                         |                                       |                                       |                         |
| 12:00                                  | Química                 | Lab. de Comp. Cient. A  |                                       | Química                               | Química                 |
| 12:30                                  |                         |                         |                                       |                                       |                         |
| 13:00                                  |                         |                         |                                       |                                       |                         |
| 13:30                                  |                         |                         | *                                     |                                       |                         |
| 14:00                                  |                         |                         |                                       | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.A |                         |
| 14:30                                  |                         |                         |                                       |                                       |                         |
| 15:00                                  |                         |                         |                                       |                                       |                         |
| 15:30                                  |                         |                         |                                       |                                       |                         |

| 1º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO A Aula 7 |                          |                          |                                   |                          |         |
|---|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------|
|   | Lunes                    | Martes                   | Miércoles                         | Jueves                   | Viernes |
| 9:00                                    | Fundamentos de Física II | Fundamentos de Física II | Fundamentos de Física II          | Fundamentos de Física II |         |
| 9:30                                    |                          |                          |                                   |                          |         |
| 10:00                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 10:30                                   | Laboratorio de Física I  | Álgebra                  | Álgebra                           | Álgebra                  |         |
| 11:00                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 11:30                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 12:00                                   | Cálculo                  | Cálculo                  | Cálculo                           |                          |         |
| 12:30                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 13:00                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 13:30                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 14:00                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 14:30                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 15:00                                   |                          |                          | Lab. Física I (Lab. Fís. General) |                          |         |
| 15:30                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 16:00                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 16:30                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 17:00                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 17:30                                   |                          |                          |                                   |                          |         |
| 18:00                                   |                          |                          |                                   |                          |         |

Marcadas en amarillo franjas para recuperación de horas por limitación de calendario (previa reserva por los profesores afectados)

Grupo compartido con alumnos del doble grado Físicas/Matemáticas

| <b>1º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO B Aula 8</b> |                                       |                         |                                       |                         |                         |
|--|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|  | Lunes                                 | Martes                  | Miércoles                             | Jueves                  | Viernes                 |
| 9:00   |                                       |                         |                                       |                         |                         |
| 9:30   |                                       | Química                 | Matemáticas                           | Matemáticas             | Matemáticas             |
| 10:00  |                                       |                         |                                       |                         |                         |
| 10:30  |                                       |                         |                                       |                         |                         |
| 11:00  |                                       | Fundamentos de Física I | Química                               | Fundamentos de Física I | Fundamentos de Física I |
| 11:30  |                                       |                         |                                       |                         |                         |
| 12:00  |                                       |                         |                                       |                         |                         |
| 12:30  | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.B |                         |                                       |                         |                         |
| 13:00  |                                       |                         |                                       | Lab. de Comp. Cient. B  |                         |
| 13:30  |                                       |                         |                                       |                         |                         |
| 14:00  |                                       |                         |                                       |                         |                         |
| 14:30  |                                       |                         | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.B |                         |                         |
| 15:00  |                                       |                         |                                       |                         |                         |
| 15:30  |                                       |                         |                                       |                         |                         |

| <b>1º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO B Aula 8</b> |       |                          |           |                          |                                   |
|--|-------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------------|
|  | Lunes | Martes                   | Miércoles | Jueves                   | Viernes                           |
| 9:00   |       |                          |           |                          |                                   |
| 9:30   |       | Álgebra                  | Álgebra   | Cálculo                  | Fundamentos de Física II          |
| 10:00  |       |                          |           |                          |                                   |
| 10:30  |       |                          |           |                          |                                   |
| 11:00  |       | Fundamentos de Física II | Cálculo   | Fundamentos de Física II | Álgebra                           |
| 11:30  |       |                          |           |                          |                                   |
| 12:00  |       |                          |           |                          |                                   |
| 12:30  |       |                          |           |                          |                                   |
| 13:00  |       | Cálculo                  |           | Laboratorio de Física I  |                                   |
| 13:30  |       |                          |           |                          |                                   |
| 14:00  |       |                          |           |                          |                                   |
| 14:30  |       |                          |           |                          | Lab. Física I (Lab. Fís. General) |
| 15:00  |       |                          |           |                          |                                   |
| 15:30  |       |                          |           |                          |                                   |
| 16:00  |       |                          |           |                          |                                   |
| 16:30  |       |                          |           |                          |                                   |
| 17:00  |       |                          |           |                          |                                   |

Marcadas en amarillo franjas para recuperación de horas por limitación de calendario (previa reserva por los profesores afectados)

Grupo compartido con alumnos del doble grado Físicas/Matemáticas

| <b>1º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO C Aula B14 Matemáticas</b> |                                       |                         |             |                         |                                       |
|--|---------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|---------------------------------------|
|  | Lunes                                 | Martes                  | Miércoles   | Jueves                  | Viernes                               |
| 9:00   | Matemáticas                           | Matemáticas             | Química     | Química                 | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.C |
| 9:30   |                                       |                         |             |                         |                                       |
| 10:00  |                                       |                         |             |                         |                                       |
| 10:30  | Fundamentos de Física I               | Fundamentos de Física I | Matemáticas | Fundamentos de Física I |                                       |
| 11:00  |                                       |                         |             |                         |                                       |
| 11:30  |                                       |                         |             |                         |                                       |
| 12:00  | Lab. de Comp. Cient. C                |                         |             |                         |                                       |
| 12:30  |                                       |                         |             |                         |                                       |
| 13:00  |                                       |                         |             |                         |                                       |
| 13:30  | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.C |                         |             |                         |                                       |
| 14:00  |                                       |                         |             |                         |                                       |
| 14:30  |                                       |                         |             |                         |                                       |
| 15:00  |                                       |                         |             |                         |                                       |
| 15:30  |                                       |                         |             |                         |                                       |

| <b>1º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO C Aula M3</b> |                                   |                          |           |                          |                          |
|---|-----------------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|
|   | Lunes                             | Martes                   | Miércoles | Jueves                   | Viernes                  |
| 9:00  | Cálculo                           | Cálculo                  |           | Álgebra                  | Fundamentos de Física II |
| 9:30  |                                   |                          |           |                          |                          |
| 10:00   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 10:30   | Álgebra                           | Fundamentos de Física II |           | Fundamentos de Física II | Cálculo                  |
| 11:00   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 11:30   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 12:00   | Laboratorio de Física I           |                          |           |                          | Álgebra                  |
| 12:30   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 13:00   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 13:30   | Lab. Física I (Lab. Fís. General) |                          |           |                          |                          |
| 14:00   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 14:30   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 15:00   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 15:30   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 16:00   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 16:30   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 17:00   |                                   |                          |           |                          |                          |
| 17:30   |                                   |                          |           |                          |                          |

Marcadas en amarillo franjas para recuperación de horas por limitación de calendario (previa reserva por los profesores afectados)

| <b>1º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO D Aula B14 Matemáticas</b> |                                       |                                       |                         |                         |         |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|
|  | Lunes                                 | Martes                                | Miércoles               | Jueves                  | Viernes |
| 10:00  | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.D |                                       |                         |                         |         |
| 10:30  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 11:00  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 11:30  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 12:00  |                                       | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.D |                         |                         |         |
| 12:30  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 13:00  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 13:30  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 14:00  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 14:30  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 15:00  | Fundamentos de Física I               | Fundamentos de Física I               | Fundamentos de Física I | Fundamentos de Física I |         |
| 15:30  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 16:00  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 16:30  | Matemáticas                           | Matemáticas                           | Matemáticas             | Matemáticas             |         |
| 17:00  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 17:30  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 18:00  | Química                               | Química                               | Lab. de Comp. Cient. D  | Química                 |         |
| 18:30  |                                       |                                       |                         |                         |         |
| 19:00  |                                       |                                       |                         |                         |         |

| <b>1º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO D Aula M3</b> |                          |                          |                                   |                          |         |  |
|---|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------|--|
|   | Lunes                    | Martes                   | Miércoles                         | Jueves                   | Viernes |  |
| 11:00   |                          |                          | Lab. Física I (Lab. Fís. General) |                          |         |  |
| 11:30   |                          |                          |                                   |                          |         |  |
| 12:00   |                          |                          |                                   |                          |         |  |
| 12:30   |                          |                          |                                   |                          |         |  |
| 13:00   |                          |                          |                                   |                          |         |  |
| 13:30   |                          |                          |                                   |                          |         |  |
| 14:00   |                          |                          |                                   |                          |         |  |
| 14:30   | Fundamentos de Física II | Fundamentos de Física II |                                   | Fundamentos de Física II |         |  |
| 15:00   |                          |                          |                                   |                          |         |  |
| 15:30   |                          |                          |                                   | Fundamentos de Física II |         |  |
| 16:00   | Laboratorio de Física I  |                          |                                   |                          |         |  |
| 16:30   |                          | Álgebra                  |                                   | Algebra                  |         |  |
| 17:00   |                          |                          | Álgebra                           |                          |         |  |
| 17:30   |                          |                          |                                   |                          |         |  |
| 18:00   | Cálculo                  | Cálculo                  |                                   |                          | Cálculo |  |
| 18:30   |                          |                          |                                   |                          |         |  |
| 19:00   |                          |                          |                                   |                          |         |  |

En este grupo la asignatura "Fundam. Fís. II" podrá adelantar 1/2hora su horario algunos miércoles para la realización de seminarios"

*Marcadas en amarillo franjas para recuperación de horas por limitación de calendario (previa reserva por los profesores afectados)*



| 1º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO E Aula 8 |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
|---|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---|---------|--|--|--|
|   | Lunes                   | Martes                                | Miércoles               | Jueves                                    | Viernes |  |  |  |
| 10:00                                   |                         | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.E |                         |   |         |  |  |  |
| 10:30                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 11:00                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 11:30                                   |                         |                                       |                         |   | LE1     |  |  |  |
| 12:00                                   |                         |                                       |                         | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.E (*) |         |  |  |  |
| 12:30                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 13:00                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 13:30                                   |                         |                                       |                         | LE2                                       |         |  |  |  |
| 14:00                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 14:30                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 15:00                                   | Fundamentos de Física I | Fundamentos de Física I               | Fundamentos de Física I | Fundamentos de Física I                   |         |  |  |  |
| 15:30                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 16:00                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 16:30                                   | Lab. de Comp. Cient. E  | Química                               | Química                 | Química                                   |         |  |  |  |
| 17:00                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 17:30                                   | Matemáticas             | Matemáticas                           | Matemáticas             | Matemáticas                               |         |  |  |  |
| 18:00                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 18:30                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |
| 19:00                                   |                         |                                       |                         |   |         |  |  |  |

(\*) La clase práctica de los jueves de "Lab. Comput. Científ." tendrá horario 11:30-13:30 para el subgrupo LE1 y 12:00-14:00 para el LE2.

| 1º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO E Aula 8 |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------|--|--|--|
|   | Lunes                    | Martes                   | Miércoles                | Jueves                            | Viernes |  |  |  |
| 11:00                                   |                          |                          |                          | Lab. Física I (Lab. Fís. General) |         |  |  |  |
| 11:30                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 12:00                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 12:30                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 13:00                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 13:30                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 14:00                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 14:30                                   | Álgebra                  | Álgebra                  | Fundamentos de Física II | Álgebra                           |         |  |  |  |
| 15:00                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 15:30                                   | Cálculo                  | Cálculo                  | Cálculo                  | Fundamentos de Física II          |         |  |  |  |
| 16:00                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 16:30                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 17:00                                   | Fundamentos de Física II | Fundamentos de Física II | Laboratorio de Física I  | Fundamentos de Física II          |         |  |  |  |
| 17:30                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 18:00                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 18:30                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |
| 19:00                                   |                          |                          |                          |                                   |         |  |  |  |

Marcadas en amarillo franjas para recuperación de horas por limitación de calendario (previa reserva por los profesores afectados)

| 1º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO F Aula 7 |       |                         |                                       |                         |                                       |
|---|-------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
|   | Lunes | Martes                  | Miércoles                             | Jueves                  | Viernes                               |
| 12:00                                   |       |                         | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.F |                         | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.F |
| 12:30                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 13:00                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 13:30                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 14:00                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 14:30                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 15:00                                   |       | Matemáticas             | Fundamentos de Física I               | Matemáticas             | Matemáticas                           |
| 15:30                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 16:00                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 16:30                                   |       | Lab. de Comp. Cient. F  | Química                               | Química                 | Química                               |
| 17:00                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 17:30                                   |       | Fundamentos de Física I | Matemáticas                           | Fundamentos de Física I | Fundamentos de Física I               |
| 18:00                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 18:30                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |
| 19:00                                   |       |                         |                                       |                         |                                       |

| 1º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO F Aula 7 |       |                                   |                          |         |                          |
|---|-------|-----------------------------------|--------------------------|---------|--------------------------|
|   | Lunes | Martes                            | Miércoles                | Jueves  | Viernes                  |
| 10:30                                   |       | Lab. Física I (Lab. Fís. General) |                          |         |                          |
| 11:00                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 11:30                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 12:00                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 12:30                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 13:00                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 13:30                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 14:00                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 14:30                                   |       |                                   |                          | Cálculo | Fundamentos de Física II |
| 15:00                                   |       | Cálculo                           | Fundamentos de Física II |         |                          |
| 15:30                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 16:00                                   |       | Fundamentos de Física II          | Laboratorio de Física I  | Álgebra | Cálculo                  |
| 16:30                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 17:00                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 17:30                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 18:00                                   |       | Álgebra                           | Álgebra                  | Álgebra |                          |
| 18:30                                   |       |                                   |                          |         |                          |
| 19:00                                   |       |                                   |                          |         |                          |

Marcadas en amarillo franjas para recuperación de horas por limitación de calendario (previa reserva por los profesores afectados)

Grupo compartido con alumnos del doble grado Físicas/Matemáticas

| 1º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO G |                                       |                         | Aula 4A   |                         |                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|---------------------------------------|
|                                  | Lunes                                 | Martes                  | Miércoles | Jueves                  | Viernes                               |
| 9:00                             | Química                               | Matemáticas             |           | Matemáticas             | Matemáticas                           |
| 9:30                             |                                       |                         |           |                         |                                       |
| 10:00                            |                                       |                         |           |                         |                                       |
| 10:30                            |                                       |                         |           |                         |                                       |
| 11:00                            | Fundamentos de Física I               | Fundamentos de Física I |           | Fundamentos de Física I | Fundamentos de Física I               |
| 11:30                            |                                       |                         |           |                         |                                       |
| 12:00                            |                                       |                         |           |                         | Lab. de Comp. Cient. G                |
| 12:30                            |                                       |                         | Química   |                         |                                       |
| 13:00                            |                                       |                         |           |                         |                                       |
| 13:30                            |                                       |                         |           |                         |                                       |
| 14:00                            | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.G |                         |           |                         | Lab. Comput. Científ. (Aul.Inf.) Gr.G |
| 14:30                            |                                       |                         |           |                         |                                       |
| 15:00                            |                                       |                         |           |                         |                                       |
| 15:30                            |                                       |                         |           |                         |                                       |

| 1º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO G |                                   |                         | Aula 4A   |                          |                          |                          |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                  | Lunes                             | Martes                  | Miércoles | Jueves                   | Viernes                  |                          |
| 9:00                             |                                   |                         |           | Álgebra                  | Fundamentos de Física II |                          |
| 9:30                             | Álgebra                           | Cálculo                 |           |                          |                          |                          |
| 10:00                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 10:30                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 11:00                            |                                   |                         | Cálculo   | Fundamentos de Física II |                          | Fundamentos de Física II |
| 11:30                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 12:00                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 12:30                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 13:00                            |                                   | Laboratorio de Física I |           |                          | Álgebra                  |                          |
| 13:30                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 14:00                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 14:30                            | Lab. Física I (Lab. Fís. General) |                         |           |                          |                          |                          |
| 15:00                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 15:30                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 16:00                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 16:30                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 17:00                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |
| 17:30                            |                                   |                         |           |                          |                          |                          |

Marcadas en amarillo franjas para recuperación de horas por limitación de calendario (previa reserva por los profesores afectados)

### 6.2 2º Curso

| Grupo compartido con alumnos de Doble Grado |                  |                          |                       |                       |                       |
|---|------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO A            |                  |                          | Aula 9                |                       |                       |
|   | Lunes            | Martes                   | Miércoles             | Jueves                | Viernes               |
| 09:00                                       | Mecánica Clásica | Electromagnetismo I      | Electromagnetismo I   | Electromagnetismo I   | Mecánica Clásica      |
| 09:30                                       |                  |                          |                       |                       |                       |
| 10:00                                       |                  |                          |                       |                       |                       |
| 10:30                                       | Termodinámica    | Termodinámica            | Termodinámica         | Mecánica Clásica      | Métodos Matemáticos I |
| 11:00                                       |                  |                          |                       |                       |                       |
| 11:30                                       |                  |                          |                       |                       |                       |
| 12:00                                       |                  | Laboratorio de Física II | Métodos Matemáticos I | Métodos Matemáticos I |                       |
| 12:30                                       |                  |                          |                       |                       |                       |
| 13:00                                       |                  |                          |                       |                       |                       |
| 13:30                                       |                  |                          |                       |                       |                       |

| 2º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO A |                      |                          | Aula 9                 |                        |         |
|----------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|---------|
|                                  | Lunes                | Martes                   | Miércoles              | Jueves                 | Viernes |
| 09:00                            | Óptica               | Óptica                   |                        | Óptica                 |         |
| 09:30                            |                      |                          |                        |                        |         |
| 10:00                            |                      |                          |                        |                        |         |
| 10:30                            | Física Cuántica I    | Física Cuántica I        | Métodos Matemáticos II | Física Cuántica I      |         |
| 11:00                            |                      |                          |                        |                        |         |
| 11:30                            |                      |                          |                        |                        |         |
| 12:00                            | Electromagnetismo II | Laboratorio de Física II | Electromagnetismo II   | Métodos Matemáticos II |         |
| 12:30                            |                      |                          |                        |                        |         |
| 13:00                            |                      |                          |                        |                        |         |
| 13:30                            |                      |                          |                        |                        |         |

Observación: Los horarios del Laboratorio de Física II no se detallan aquí por no tener regularidad semanal, se describen en la ficha de la asignatura.

(Grupo compartido con alumnos del doble grado Físicas/Matemáticas)

| Grupo compartido con alumnos de Doble Grado |                  |                       |                       |                          |                       |
|---|------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| 2º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO B            |                  |                       | Aula11                |                          |                       |
|   | Lunes            | Martes                | Miércoles             | Jueves                   | Viernes               |
| 09:00                                       | Termodinámica    | Termodinámica         | Mecánica Clásica      | Mecánica Clásica         | Termodinámica         |
| 09:30                                       |                  |                       |                       |                          |                       |
| 10:00                                       | Mecánica Clásica | Electromagnetismo I   | Electromagnetismo I   | Electromagnetismo I      | Métodos Matemáticos I |
| 10:30                                       |                  |                       |                       |                          |                       |
| 11:00                                       |                  |                       |                       |                          |                       |
| 11:30                                       |                  | Métodos Matemáticos I | Métodos Matemáticos I | Laboratorio de Física II |                       |
| 12:00                                       |                  |                       |                       |                          |                       |
| 12:30                                       |                  |                       |                       |                          |                       |
| 13:00                                       |                  |                       |                       |                          |                       |
| 13:30                                       |                  |                       |                       |                          |                       |

| 2º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO B |                        |                      | Aula 11   |                        |                          |
|----------------------------------|------------------------|----------------------|-----------|------------------------|--------------------------|
|                                  | Lunes                  | Martes               | Miércoles | Jueves                 | Viernes                  |
| 09:00                            | Física Cuántica I      | Física Cuántica I    |           |                        | Física Cuántica I        |
| 09:30                            |                        |                      |           |                        |                          |
| 10:00                            | Óptica                 | Óptica               |           | Métodos Matemáticos II | Óptica                   |
| 10:30                            |                        |                      |           |                        |                          |
| 11:00                            |                        |                      |           |                        |                          |
| 11:30                            | Métodos Matemáticos II | Electromagnetismo II |           | Electromagnetismo II   | Laboratorio de Física II |
| 12:00                            |                        |                      |           |                        |                          |
| 12:30                            |                        |                      |           |                        |                          |
| 13:00                            |                        |                      |           |                        |                          |
| 13:30                            |                        |                      |           |                        |                          |

Observación: Los horarios del Laboratorio de Física II no se detallan aquí por no tener regularidad semanal, se describen en la ficha de la asignatura.

(Grupo compartido con alumnos del doble grado Físicas/Matemáticas)

| <b>2º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO C Aula 9</b> |                          |                       |                       |                     |                       |
|--|--------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|  | Lunes                    | Martes                | Miércoles             | Jueves              | Viernes               |
| 14:30  |                          |                       |                       |                     |                       |
| 15:00  | Laboratorio de Física II | Electromagnetismo I   | Electromagnetismo I   | Mecánica Clásica    | Mecánica Clásica      |
| 15:30  |                          |                       |                       |                     |                       |
| 16:00  | Termodinámica            | Métodos Matemáticos I | Termodinámica         | Termodinámica       | Métodos Matemáticos I |
| 16:30  |                          |                       |                       |                     |                       |
| 17:00  |                          |                       |                       |                     |                       |
| 17:30  |                          |                       |                       |                     |                       |
| 18:00  |                          | Mecánica Clásica      | Métodos Matemáticos I | Electromagnetismo I |                       |
| 18:30  |                          |                       |                       |                     |                       |
| 19:00  |                          |                       |                       |                     |                       |

La clase de "Mecánica Clásica" de los martes pasará a los lunes a partir de la 5ª semana (desde día 7 de noviembre), en el horario ocupado hasta entonces por Lab.Fís.II, una vez terminadas las clases de teoría de esa asignatura.

| <b>2º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO C Aula 9</b> |                        |                      |                          |                      |                        |
|--|------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
|  | Lunes                  | Martes               | Miércoles                | Jueves               | Viernes                |
| 14:30  |                        |                      |                          |                      |                        |
| 15:00  | Óptica                 | Óptica               | Óptica                   | Física Cuántica I    | Métodos Matemáticos II |
| 15:30  |                        |                      |                          |                      |                        |
| 16:00  | Métodos Matemáticos II | Electromagnetismo II | Métodos Matemáticos II   | Electromagnetismo II | Física Cuántica I      |
| 16:30  |                        |                      |                          |                      |                        |
| 17:00  | Física Cuántica I      |                      | Laboratorio de Física II |                      |                        |
| 17:30  |                        |                      |                          |                      |                        |
| 18:00  |                        |                      |                          |                      |                        |
| 18:30  |                        |                      |                          |                      |                        |
| 19:00  |                        |                      |                          |                      |                        |
| 19:30  |                        |                      |                          |                      |                        |

Observación: Los horarios del Laboratorio de Física II no se detallan aquí por no tener regularidad semanal, se describen en la ficha de la asignatura.

| <b>2º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO D Aula 11</b> |                  |                       |                       |                          |                  |
|---|------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|------------------|
|   | Lunes            | Martes                | Miércoles             | Jueves                   | Viernes          |
| 14:00   |                  |                       |                       |                          |                  |
| 14:30   |                  |                       |                       |                          |                  |
| 15:00   | Termodinámica    | Termodinámica         | Métodos Matemáticos I | Métodos Matemáticos I    | Termodinámica    |
| 15:30   |                  |                       |                       |                          |                  |
| 16:00   | Mecánica Clásica | Electromagnetismo I   | Mecánica Clásica      | Electromagnetismo I      | Mecánica Clásica |
| 16:30   |                  |                       |                       |                          |                  |
| 17:00   |                  | Métodos Matemáticos I | Electromagnetismo I   | Laboratorio de Física II |                  |
| 17:30   |                  |                       |                       |                          |                  |
| 18:00   |                  |                       |                       |                          |                  |
| 18:30   |                  |                       |                       |                          |                  |
| 19:00   |                  |                       |                       |                          |                  |

| <b>2º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO D Aula 11</b> |                      |                        |                      |                          |                        |
|---|----------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|
|   | Lunes                | Martes                 | Miércoles            | Jueves                   | Viernes                |
| 14:00   |                      |                        |                      | Laboratorio de Física II |                        |
| 14:30   |                      |                        |                      |                          |                        |
| 15:00   | Física Cuántica I    | Métodos Matemáticos II | Física Cuántica I    | Métodos Matemáticos      | Óptica                 |
| 15:30   |                      |                        |                      |                          |                        |
| 16:00   |                      | Física Cuántica I      |                      | Óptica                   | Métodos Matemáticos II |
| 16:30   |                      |                        |                      |                          |                        |
| 17:00   | Electromagnetismo II | Óptica                 | Electromagnetismo II |                          |                        |
| 17:30   |                      |                        |                      |                          |                        |
| 18:00   |                      |                        |                      |                          |                        |
| 18:30   |                      |                        |                      |                          |                        |

Las clases de "Métodos Matemáticos II" de los jueves y viernes intercambiarán su duración a partir de la 6ª semana (a partir del día 23 de marzo) una vez terminadas las clases de teoría de la asignatura "Lab. Física II".

Observación: Los horarios del Laboratorio de Física II no se detallan aquí por no tener regularidad semanal, se describen en la ficha de la asignatura.

| <b>2º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO E Aula 10</b> |                       |                       |                       |        |                          |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------------------------|
|   | Lunes                 | Martes                | Miércoles             | Jueves | Viernes                  |
| 09:00   | Métodos Matemáticos I | Mecánica Clásica      | Mecánica Clásica      |        | Electromagnetismo I      |
| 09:30   |                       |                       |                       |        |                          |
| 10:00   |                       |                       |                       |        |                          |
| 10:30   | Termodinámica         | Termodinámica         | Termodinámica         |        | Mecánica Clásica         |
| 11:00   |                       |                       |                       |        |                          |
| 11:30   |                       |                       |                       |        |                          |
| 12:00   | Electromagnetismo I   | Métodos Matemáticos I | Electromagnetismo I   |        | Laboratorio de Física II |
| 12:30   |                       |                       | Métodos Matemáticos I |        |                          |
| 13:00   |                       |                       |                       |        |                          |
| 13:30   |                       |                       |                       |        |                          |

| <b>2º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO E Aula 10</b> |                          |                      |                        |        |                        |
|---|--------------------------|----------------------|------------------------|--------|------------------------|
|   | Lunes                    | Martes               | Miércoles              | Jueves | Viernes                |
| 09:00   | Electromagnetismo II     | Electromagnetismo II | Electromagnetismo II   |        | Métodos Matemáticos II |
| 09:30   |                          |                      |                        |        |                        |
| 10:00   | Métodos Matemáticos II   | Física Cuántica I    | Métodos Matemáticos II |        | Física Cuántica I      |
| 10:30   |                          |                      |                        |        |                        |
| 11:00   | Física Cuántica I        | Óptica               | Óptica                 |        | Óptica                 |
| 11:30   |                          |                      |                        |        |                        |
| 12:00   | Laboratorio de Física II |                      |                        |        |                        |
| 12:30   |                          |                      |                        |        |                        |
| 13:00   |                          |                      |                        |        |                        |
| 13:30   |                          |                      |                        |        |                        |

Observación: Los horarios del Laboratorio de Física II no se detallan aquí por no tener regularidad semanal, se describen en la ficha de la asignatura.



Grupo compartido con alumnos del doble grado Físicas/Matemáticas

**2º CURSO - 1º SEMESTRE - GRUPO F Aula 10**

|       | Lunes                    | Martes                   | Miércoles                | Jueves                   | Viernes |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| 14:30 |                          |                          |                          |                          |         |
| 15:00 | Lab.Fís.II<br>C          |                          | Métodos<br>Matemáticos I | Métodos<br>Matemáticos I |         |
| 15:30 |                          | Métodos<br>Matemáticos I |                          |                          |         |
| 16:00 |                          |                          |                          |                          |         |
| 16:30 | Electromag-<br>netismo I | Mecánica<br>Clásica      | Electromag-<br>netismo I | Mecánica<br>Clásica      |         |
| 17:00 |                          |                          |                          |                          |         |
| 17:30 |                          |                          |                          |                          |         |
| 18:00 |                          | Electromag-<br>netismo I | Mecánica<br>Clásica      | Lab.Fís.II<br>D          |         |
| 18:30 |                          |                          |                          |                          |         |
| 19:00 |                          |                          |                          |                          |         |
| 19:30 |                          |                          |                          |                          |         |

Las clases de "Mecánica Clásica" de los miércoles y jueves intercambiarán su duración a partir de la 5ª semana (desde el día 8 de noviembre), una vez terminadas las clases de teoría de la asignatura "Lab. Física II". Nótese que no hay grupo F para la asignatura de Termodinámica.

**2º CURSO - 2º SEMESTRE - GRUPO F Aula 10**

|       | Lunes                     | Martes                    | Miércoles                 | Jueves               | Viernes                   |  |
|-------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|--|
| 14:00 |                           |                           |                           | Lab.Fís.II<br>D      |                           |  |
| 14:30 |                           |                           |                           |                      |                           |  |
| 15:00 | Electromag-<br>netismo II | Métodos<br>Matemáticos II | Métodos<br>Matemáticos II | Óptica               | Óptica                    |  |
| 15:30 |                           |                           |                           |                      |                           |  |
| 16:00 |                           |                           |                           |                      |                           |  |
| 16:30 | Física Cuántica<br>I      | Óptica                    | Electromag-<br>netismo II | Física Cuántica<br>I | Métodos<br>Matemáticos II |  |
| 17:00 |                           |                           |                           |                      |                           |  |
| 17:30 |                           |                           |                           |                      |                           |  |
| 18:00 |                           | Electromag-<br>netismo II | Lab.Fís.II<br>C           |                      |                           |  |
| 18:30 |                           |                           |                           |                      |                           |  |
| 19:00 |                           |                           |                           |                      |                           |  |

Observación: Los horarios del Laboratorio de Física II no se detallan aquí por no tener regularidad semanal, se describen en la ficha de la asignatura.

### 6.3 3<sup>er</sup> Curso

#### 3<sup>o</sup> Curso – 1er semestre

| 1er SEMESTRE |                        | Aula 1                 |                        |                        |                        |  |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|
|              | Lunes                  | Martes                 | Miércoles              | Jueves                 | Viernes                |  |
| 09:00        | F.Cuánt.II<br>A        | F.Cuánt.II<br>A        | Lab.Fís.III<br>A       | F.Cuánt.II<br>A        | Astrofís.<br>(Grupo A) |  |
| 09:30        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 10:00        | F.Estadíst.<br>A       | Astrofís.<br>(Grupo A) | F.Estadíst.<br>A       | F.Estadíst.<br>A       | Ha.Física<br>A         |  |
| 10:30        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 11:00        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 11:30        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 12:00        | Mc.Md.Cont.            | Ha.Física<br>A         | Fís.Comput.            | Mc.Md.Cont.            | Fís.Comput.            |  |
| 12:30        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 13:00        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 13:30        | Astrofís.<br>(Grupo C) | Lab.Fís.III<br>D       | Astrofís.<br>(Grupo C) |                        | Lab.Fís.III<br>B       |  |
| 14:00        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 14:30        |                        |                        |                        | Astrofís.<br>(Grupo B) |                        |  |
| 15:00        | Lab.Fís.III<br>C       | F.Cuánt.II<br>C        |                        |                        | Lab.Fís.III<br>C       |  |
| 15:30        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 16:00        |                        |                        | F.Estadíst.<br>C       | F.Cuánt.II<br>C        | F.Estadíst.<br>C       |  |
| 16:30        | Lab.Fís.III<br>A       | Astrofís.<br>(Grupo B) |                        |                        |                        |  |
| 17:00        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 17:30        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 18:00        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
| 18:30        |                        |                        |                        |                        |                        |  |

| 1er SEMESTRE |                  | Aula 2                  |                  |                         |                         |  |
|--------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--|
|              | Lunes            | Martes                  | Miércoles        | Jueves                  | Viernes                 |  |
| 09:00        | F.Estadíst.<br>B | F.Estadíst.<br>B        | F.Estadíst.<br>B | Lab.Fís.III<br>B        | Fís.Mater.<br>(Grupo A) |  |
| 09:30        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 10:00        | F.Cuánt.II<br>B  | Fís.Mater.<br>(Grupo A) | F.Cuánt.II<br>B  | F.Cuánt.II<br>B         |                         |  |
| 10:30        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 11:00        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 11:30        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 12:00        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 12:30        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 13:00        | (aula 9)         |                         | (aula 9)         |                         |                         |  |
| 13:30        | Ha.Física<br>B   |                         | Ha.Física<br>B   |                         |                         |  |
| 14:00        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 14:30        |                  |                         |                  | Fís.Mater.<br>(Grupo B) |                         |  |
| 15:00        |                  | F.Estadíst.<br>D        |                  |                         | F.Cuánt.II<br>D         |  |
| 15:30        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 16:00        |                  |                         | F.Cuánt.II<br>D  | F.Estadíst.<br>D        |                         |  |
| 16:30        |                  | Fís.Mater.<br>(Grupo B) |                  |                         | Lab.Fís.III<br>D        |  |
| 17:00        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 17:30        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 18:00        |                  |                         |                  |                         |                         |  |
| 18:30        |                  |                         |                  |                         |                         |  |

Laboratorio de Física III sólo tiene clases de teoría las tres primeras semanas, por ello

Física Estadística en el grupo C se adelantará a las 15:00 una vez quede libre ese horario (a partir del 28 de octubre).

3º Curso – 2º semestre

| 2o SEMESTRE |                           | Aula 1                     |                           |                           |                         |
|-------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
|             | Lunes                     | Martes                     | Miércoles                 | Jueves                    | Viernes                 |
| 09:00       | Estr.Mater.<br>A          | Fís.Atmo.<br>(Grupo A)     | Estr.Mater.<br>A          | Fís.Atmo.<br>(Grupo A)    | Estr.Mater.<br>A        |
| 09:30       |                           |                            | Fís.Est.Sól.<br>A         |                           |                         |
| 10:00       | Fís.Est.Sól.<br>A         | Fís.Tierr.<br>(Grupo A)    | Fís.Est.Sól.<br>A         | Fís.Tierr.<br>(Grupo A)   | Fís.Est.Sól.<br>A       |
| 10:30       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 11:00       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 11:30       | Geom.DyCT<br>A            | Instr.Electr.              | Estad.a.Dat.<br>A         | Instr.Electr.             | Estad.A.Dat.<br>A       |
| 12:00       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 12:30       | Geom.DyC<br>B<br>(aula 7) | Geom.DyC<br>A              | Geom.DyC<br>B<br>(aula 7) | Geom.DyC<br>B<br>(aula 7) | Estad.A.Dat.<br>A       |
| 13:00       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 13:30       |                           | Geom.DyC<br>B<br>(aula M3) |                           |                           |                         |
| 14:00       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 14:30       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 15:00       | Estr.Mater.<br>C          | Fís.Est.Sól.<br>C          | Estr.Mater.<br>C          | Fís.Est.Sól.<br>C         | Fís.Est.Sól.<br>C       |
| 15:30       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 16:00       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 16:30       | Fís.Atmo.<br>(Grupo B)    | Fís.Tierr.<br>(Grupo B)    | Fís.Atmo.<br>(Grupo B)    | Fís.Tierr.<br>(Grupo B)   | Fís.Tierr.<br>(Grupo B) |
| 17:00       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 17:30       |                           |                            |                           |                           |                         |
| 18:00       |                           |                            |                           |                           |                         |

| 2o SEMESTRE |                        | Aula 2 (excepto las indicadas) |                                    |                          |                       |
|-------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
|             | Lunes                  | Martes                         | Miércoles                          | Jueves                   | Viernes               |
| 09:00       | Fís.Est.Sól.<br>B      | Termo.NE<br>(Grupo A)          | Fís.Est.Sól.<br>B                  | Mc.Quant.<br>(Grupo A)   | Fís.Est.Sól.<br>B     |
| 09:30       |                        |                                | Estr.Mater.<br>B                   |                          |                       |
| 10:00       | Estr.Mater.<br>B       | Mc.Quant.<br>(Grupo A)         | Estr.Mater.<br>B                   | Termo.NE<br>(Grupo A)    | Estr.Mater.<br>B      |
| 10:30       |                        |                                |                                    |                          |                       |
| 11:00       |                        |                                |                                    |                          |                       |
| 11:30       | Mc.Quant.<br>(Grupo C) | Est y a Dat<br>(grupo B)       | Termo.NE<br>(aula 11)<br>(Grupo C) | Est y a Dat<br>(grupo B) | Termo.NE<br>(Grupo C) |
| 12:00       |                        |                                |                                    |                          |                       |
| 12:30       | (aula 8)               | (aula 4B)                      | Mc.Quant.<br>(Grupo C)             | Est y a Dat<br>(grupo B) | Termo.NE<br>(Grupo C) |
| 13:00       |                        |                                |                                    |                          |                       |
| 13:30       |                        |                                | (aula 11)                          | (aula 10)                | (aula 7)              |
| 14:00       |                        |                                |                                    | (las tres)               |                       |
| 14:30       |                        |                                |                                    |                          |                       |
| 15:00       | Fís.Est.Sól.<br>D      | Estr.Mater.<br>D               | Fís.Est.Sól.<br>D                  | Estr.Mater.<br>D         | Estr.Mater.<br>D      |
| 15:30       |                        |                                |                                    |                          |                       |
| 16:00       |                        |                                |                                    |                          |                       |
| 16:30       | Mc.Quant.<br>(Grupo B) | Termo.NE<br>(Grupo B)          | Mc.Quant.<br>(Grupo B)             | Termo.NE<br>(Grupo B)    | Termo.NE<br>(Grupo B) |
| 17:00       |                        |                                |                                    |                          |                       |
| 17:30       |                        |                                |                                    |                          |                       |
| 18:00       |                        |                                |                                    |                          |                       |

6.4 4º Curso

4º Curso – 1er semestre

**Materias Orientación Aplicada**

| Aula 6 |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
|--------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
|        | Lunes                                 | Martes                          | Miércoles                         | Jueves                          | Viernes                               |
| 09:00  | 553 Métodos Exp. Fis. del Est. Sólido | 555 Termod. de la Atmósfera     | 547 Fenómenos de Transport        | 555 Termod. de la Atmósfera     | 553 Métodos Exp. Fis. del Est. Sólido |
| 09:30  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 10:00  | 526-A Fotónica                        | 527-A Electrónica Física        | 526-A Fotónica                    | 527-A Electrónica Física        | 547 Fenómenos de Transport            |
| 10:30  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 11:00  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 11:30  | 548 Electr. Analógica y Digital       | 557 Geomagnetism. y Gravimetría | 550 Props. Fis. De los Materiales | 557 Geomagnetism. y Gravimetría | 550 Props. Fis. De los Materiales     |
| 12:00  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 12:30  | 545 Ssts. Dinámicos y Realim.         |                                 | 545 Ssts. Dinámicos y Realim.     |                                 | 548 Electr. Analógica y Digital       |
| 13:00  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 13:30  | 545 Ssts. Dinámicos y Realim.         |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 14:00  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 14:30  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 15:00  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 15:30  | 526-B Fotónica                        | 527-B Electrónica Física        | 526-B Fotónica                    | 527-B Electrónica Física        |                                       |
| 16:00  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 16:30  | 526-B Fotónica                        | 527-B Electrónica Física        | 526-B Fotónica                    | 527-B Electrónica Física        |                                       |
| 17:00  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 17:30  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 18:00  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 18:30  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 19:00  |                                       |                                 |                                   |                                 |                                       |
| 19:30  | <b>Aula 5A</b>                        |                                 |                                   |                                 |                                       |

**Materias Orientación Fundamental**

| Aula 3 |                              |   |                                  |   |                                  |
|--------|------------------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|
|        | Lunes                        | Martes                                    | Miércoles                        | Jueves                                    | Viernes                          |
| 09:00  | 529 Astrofísica Estelar      | 533 Relatividad General y Gravitación (A) | 542 Simetrías y Grupos en Física | 533 Relatividad General y Gravitación (A) | 529 Astrofísica Estelar          |
| 09:30  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 10:00  | 524-A Fis. Atom y Molec      | 525-A Electrodin Clásica                  | 524-A Fis. Atom y Molec          | 525-A Electrodin Clásica                  | 542 Simetrías y Grupos en Física |
| 10:30  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 11:00  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 11:30  |                              | 535 Física Nuclear                        | 540 Campos Cuánticos             | 535 Física Nuclear                        | 540 Campos Cuánticos             |
| 12:00  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 12:30  |                              | 533 Relatividad General y Gravitación (B) |                                  | 533 Relatividad General y Gravitación (B) |                                  |
| 13:00  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 13:30  | 531 Astronomía Observacional | 538 Interacción Radiación-Materia         | 539 Mecánica Teórica             | 538 Interacción Radiación-Materia         | 539 Mecánica Teórica             |
| 14:00  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 14:30  | 524-B Fis. Atom y Molec      | 525-B Electrodin Clásica                  | 524-B Fis. Atom y Molec          | 525-B Electrodin Clásica                  |                                  |
| 15:00  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 15:30  |                              |   |                                  | 531 Astronomía Observacional              |                                  |
| 16:00  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 16:30  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 17:00  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 17:30  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 18:00  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 18:30  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 19:00  |                              |   |                                  |   |                                  |
| 19:30  | <b>Aula 6</b>                |   |                                  |   |                                  |

**4º Curso - 2º semestre**

**Materias Orientación Aplicada**

| Aula 5A |   |                                     |   |                                     |                              |
|---------|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|------------------------------|
|         | Lunes                                       | Martes                              | Miércoles                                   | Jueves                              | Viernes                      |
| 09:00   | 544 Dispositivos Electrónicos y Nanoelectr. |                                     | 544 Dispositivos Electrónicos y Nanoelectr. |                                     |                              |
| 09:30   |   |                                     |   |                                     |                              |
| 10:00   |   |                                     |   |                                     |                              |
| 10:30   | 549 Energía y Medio Ambiente                | 546 Dispositivos de Instrum. Óptica | 554 Meteorología Dinámica                   | 546 Dispositivos de Instrum. Óptica | 554 Meteorología Dinámica    |
| 11:00   |   |                                     |   |                                     |                              |
| 11:30   |   |                                     |   |                                     |                              |
| 12:00   | 558 Geofísica y Meteorología Aplicadas      | 551 Nanomateriales                  | 558 Geofísica y Meteorología Aplicadas      | 551 Nanomateriales                  | 549 Energía y Medio Ambiente |
| 12:30   |   |                                     |   |                                     |                              |
| 13:00   |   |                                     |   |                                     |                              |
| 13:30   | 556 Sismología y Estructura de la Tierra    | 552 Física de Materiales Avanzados  | 556 Sismología y Estructura de la Tierra    | 552 Física de Materiales Avanzados  |                              |
| 14:00   |   |                                     |   |                                     |                              |
| 14:30   |   |                                     |   |                                     |                              |

Aula 8

Aula 6

**Materias Orientación Fundamental**

| Aula 3 |                                |                                       |                                 |                                       |                                 |
|--------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
|        | Lunes                          | Martes                                | Miércoles                       | Jueves                                | Viernes                         |
| 09:00  | 543 Coherencia Óptica y Láser  | 541 Transic Fase y Fenómenos Críticos | 543 Coherencia Óptica y Láser   | 541 Transic Fase y Fenómenos Críticos |                                 |
| 09:30  |                                |                                       |                                 |                                       |                                 |
| 10:00  |                                |                                       |                                 |                                       |                                 |
| 10:30  |                                | 537 Física de la Materia Condensada   | 534 Plasmas y Procesos Atómicos | 537 Física de la Materia Condensada   | 534 Plasmas y Procesos Atómicos |
| 11:00  |                                |                                       |                                 |                                       |                                 |
| 11:30  |                                |                                       |                                 |                                       |                                 |
| 12:00  | 532 Cosmología                 | 536 Partículas Elementales            | 532 Cosmología                  | 536 Partículas Elementales            | 530 Astrofísica Extragaláctica  |
| 12:30  |                                |                                       |                                 |                                       |                                 |
| 13:00  |                                |                                       |                                 |                                       |                                 |
| 13:30  | 530 Astrofísica Extragaláctica |                                       |                                 |                                       |                                 |
| 14:00  |                                |                                       |                                 |                                       |                                 |
| 14:30  |                                |                                       |                                 |                                       |                                 |

## 7. Cuadros Horarios Doble Grado Física - Matemáticas

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 Física y Matemáticas 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](http://www.fis.ucm.es) y [www.mat.ucm.es](http://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 G para las asignaturas del módulo de Formación Básica.
- En segundo curso los grupos A, B y F 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 sólo hay dos grupos para las asignaturas obligatorias en cada orientación, y grupos únicos para el resto de asignaturas optativas, pero en todas ellas se hace un permanente esfuerzo de coordinación de horarios para facilitar su compatibilidad con las asignaturas seguidas en la facultad de 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 Doble Grado Física-Matemáticas 1er curso

| Grado en Física |    |        |        |    |  | Grado en Física       |        |           |        |         |       | Grado en Física       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
|-----------------|----|--------|--------|----|--|-----------------------|--------|-----------|--------|---------|-------|-----------------------|-----------|--------|---------|-------|--------|-----------------------|--------|---------|-------|--------|-----------|--------|---------|
| 1º SEMESTRE     |    |        |        |    |  | 1º SEMESTRE - GRUPO B |        |           |        |         |       | 1º SEMESTRE - GRUPO C |           |        |         |       |        | 1º SEMESTRE - GRUPO G |        |         |       |        |           |        |         |
| L               | M  | X      | J      | V  |  | Lunes                 | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Lunes | Martes                | Miércoles | Jueves | Viernes | Lunes | Martes | Miércoles             | Jueves | Viernes | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 09:30           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 09:30           | AL | AL1AR2 | AL     | AL |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 10:00           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 10:30           | AR | AL2AR1 | AR     | AR |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 11:00           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 11:30           |    |        | AL1AR2 |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 12:00           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 12:30           |    |        | AL2AR1 |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 13:00           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 13:30           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 14:00           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 14:30           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 15:00           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 15:30           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 16:00           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 16:30           |    |        |        |    |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |

# Horarios Doble Grado Física-Matemáticas 2º curso

| Grado en Matemáticas |   |   |   |   |  | Grado en Física       |        |           |        |         |       | Grado en Física       |           |        |         |       |        | Grado en Física       |        |         |       |        |           |        |         |
|----------------------|---|---|---|---|--|-----------------------|--------|-----------|--------|---------|-------|-----------------------|-----------|--------|---------|-------|--------|-----------------------|--------|---------|-------|--------|-----------|--------|---------|
| 1º SEMESTRE          |   |   |   |   |  | 2º SEMESTRE - GRUPO A |        |           |        |         |       | 2º SEMESTRE - GRUPO B |           |        |         |       |        | 2º SEMESTRE - GRUPO F |        |         |       |        |           |        |         |
| L                    | M | X | J | V |  | Lunes                 | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Lunes | Martes                | Miércoles | Jueves | Viernes | Lunes | Martes | Miércoles             | Jueves | Viernes | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 09:30                |   |   |   |   |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 09:30                |   |   |   |   |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |
| 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                |   |   |   |   |  |                       |        |           |        |         |       |                       |           |        |         |       |        |                       |        |         |       |        |           |        |         |

# Horarios Doble Grado Física-Matemáticas 3er curso

| 1er SEMESTRE |              |              |              |              |                 | 2o SEMESTRE |        |           |        |         |  |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|--------|-----------|--------|---------|--|
| Lunes        | Martes       | Miércoles    | Jueves       | Viernes      |                 | Lunes       | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |  |
| 09:00        | F.Cuánt.II   | F.Cuánt.II A | F.Cuánt.II B | F.Cuánt.II C | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 09:30        | F.Cuánt.II A | F.Cuánt.II B | F.Cuánt.II C | F.Cuánt.II D | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 10:00        | F.Cuánt.II B | F.Cuánt.II C | F.Cuánt.II D | F.Cuánt.II E | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 10:30        | F.Cuánt.II C | F.Cuánt.II D | F.Cuánt.II E | F.Cuánt.II F | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 11:00        | F.Cuánt.II D | F.Cuánt.II E | F.Cuánt.II F | F.Cuánt.II G | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 11:30        | F.Cuánt.II E | F.Cuánt.II F | F.Cuánt.II G | F.Cuánt.II H | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 12:00        | F.Cuánt.II F | F.Cuánt.II G | F.Cuánt.II H | F.Cuánt.II I | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 12:30        | F.Cuánt.II G | F.Cuánt.II H | F.Cuánt.II I | F.Cuánt.II J | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 13:00        | F.Cuánt.II H | F.Cuánt.II I | F.Cuánt.II J | F.Cuánt.II K | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 13:30        | F.Cuánt.II I | F.Cuánt.II J | F.Cuánt.II K | F.Cuánt.II L | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 14:00        | F.Cuánt.II J | F.Cuánt.II K | F.Cuánt.II L | F.Cuánt.II M | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 14:30        | F.Cuánt.II K | F.Cuánt.II L | F.Cuánt.II M | F.Cuánt.II N | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 15:00        | F.Cuánt.II L | F.Cuánt.II M | F.Cuánt.II N | F.Cuánt.II O | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 15:30        | F.Cuánt.II M | F.Cuánt.II N | F.Cuánt.II O | F.Cuánt.II P | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 16:00        | F.Cuánt.II N | F.Cuánt.II O | F.Cuánt.II P | F.Cuánt.II Q | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 16:30        | F.Cuánt.II O | F.Cuánt.II P | F.Cuánt.II Q | F.Cuánt.II R | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 17:00        | F.Cuánt.II P | F.Cuánt.II Q | F.Cuánt.II R | F.Cuánt.II S | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 17:30        | F.Cuánt.II Q | F.Cuánt.II R | F.Cuánt.II S | F.Cuánt.II T | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 18:00        | F.Cuánt.II R | F.Cuánt.II S | F.Cuánt.II T | F.Cuánt.II U | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |
| 18:30        | F.Cuánt.II S | F.Cuánt.II T | F.Cuánt.II U | F.Cuánt.II V | Geometr. Lineal |             |        |           |        |         |  |





## 8. Calendario Académico

| Periodos de clases y exámenes       |  |
|-------------------------------------|--|
| Clases Primer Semestre:             | del 26* de septiembre al 22 de diciembre de 2016 y del 9 de enero al 20 de enero de 2017 |
| Exámenes Primer Semestre (febrero): | del 23 de enero al 13 de febrero de 2017   |
| Clases Segundo Semestre:            | del 14 de febrero al 6 de abril de 2017 y del 18 de abril al 2 de junio de 2017          |
| Exámenes Segundo Semestre (junio):  | del 5 al 27 de junio de 2017   |
| Exámenes Septiembre                 | del 1 al 19 de septiembre de 2017  |

\*La apertura del curso académico se celebrará el día 26 de septiembre, siendo día lectivo.

| Festividades y días no lectivos   |  |
|-----------------------------------|--|
| 12 de octubre                     | Fiesta Nacional                                |
| 1 de noviembre                    | Festividad de Todos los Santos                 |
| 9 de noviembre                    | Madrid, festividad de La Almudena              |
| 14 de noviembre                   | San Alberto Magno                              |
| 6 de diciembre                    | Día de la Constitución Española                |
| 8 de diciembre                    | Festividad Inmaculada Concepción               |
| 27 de enero                       | Santo Tomás de Aquino                          |
| 20 de marzo                       | Festividad S.José (trasladada desde el día 19) |
| 2 de mayo                         | Festividad Comunidad de Madrid                 |
| 15 de mayo                        | Madrid, festividad de San Isidro               |
| Del 23 de diciembre al 6 de enero | Vacaciones de Navidad                          |
| Del 7 al 17 de abril              | Vacaciones de Semana Santa                     |
| Del 17 de julio al 31 de agosto   | Vacaciones de Verano                           |

*Calendario aprobado por la Comisión Permanente del Consejo de Gobierno en su sesión de 28 de junio de 2016, sin perjuicio de lo que el calendario laboral establezca en relación con los días inhábiles. Los periodos no lectivos han sido establecidos en el Calendario de organización docente oficial del curso académico 2016-2017, aprobado por Acuerdo del Consejo de Gobierno en su sesión de 15 de marzo de 2016.*



## UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Calendario Académico del Curso 2016/2017

### 2016

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

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

| Diciembre |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|----|----|----|
| 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 |    |

### 2017

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

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

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

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

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

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

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

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

| 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 |    |

(26sep) Apertura del curso    27    Santo Tomás de Aquino    14    San Alberto Magno

Periodos de exámenes     Periodos no lectivos    O Fin plazo entrega actas

Exámenes parciales de 1º Grado en Física

Tribunales Trabajos Fin de Grado en Física

## ANEXO. Enlaces de interés

A continuación se muestran algunos enlaces que pueden ser de utilidad para los alumnos de la titulación. La mayoría de ellos se pueden consultar en la página web de la secretaría de Físicas <https://fisicas.ucm.es/secretaria-de-estudiantes>.

También puede consultarse la normativa general de la UCM en los enlaces [www.ucm.es/normativa](http://www.ucm.es/normativa), <https://www.ucm.es/estudiar> y <https://www.ucm.es/grado>.

### Normas de matrícula y de permanencia

Normativa general de la UCM:

Instrucciones de gestión de la Matrícula (estudios oficiales de Grado y Máster 2016-17) <http://pendientedemigracion.ucm.es/bouc/pdf/2430.pdf>

Anulación de matrícula <https://www.ucm.es/anulacion-de-matricula-1>

Tribunales de Compensación <https://fisicas.ucm.es/estudios-de-grado>

Normas de permanencia <https://www.ucm.es/permanencia-en-la-universidad->

Normativa específica de la Facultad de CC Físicas:

Alumnos de nuevo acceso <https://fisicas.ucm.es/matriculanuevoingreso>

Resto de alumnos <https://fisicas.ucm.es/matricula-resto-de-alumnos>

### Reconocimiento de créditos <http://fisicas.ucm.es/reconocimiento-creditos-grado>

Dicho reconocimiento puede obtenerse por:

Realización de actividades universitarias culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación de la UCM (BOUC no.18 del 8/9/2016) <http://pendientedemigracion.ucm.es/bouc/pdf/2470.pdf>

Asignaturas superadas en otros estudios

<https://fisicas.ucm.es/reconocimiento-de-creditos-grado>

<https://www.ucm.es/continuar-estudios-iniciados-en-el-extranjero>

### Adaptación de los estudios de Licenciatura, a los de Grado en Física

Los procedimientos, normativa y tablas de equivalencia para alumnos que iniciaron sus estudios en la Licenciatura y desean continuarlos en el grado pueden consultarse en <https://fisicas.ucm.es/adaptaciones>