

| MÓDULO  | MATERIA           | CURSO | SEMESTRE   | CRÉDITOS | TIPO        |
|---|-------------------|-------|--|----------|-------------|
| Electromagnetismo   | Electromagnetismo | 3º    | Anual  | 12       | Obligatoria |
| PROFESORES <sup>(1)</sup>   |                   |       | DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)  |          |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salvador González García. Teoría y Problemas</li> <li>• Miguel Ruiz Cabello. Teoría y Problemas</li> <li>• Amelia Rubio Bretones. Prácticas</li> <li>• Mario Fernández Pantoja. Prácticas</li> </ul> |                   |       | Dpto. Electromagnetismo y Física de la Materia, 2ª planta, Facultad de Ciencias, Edificio de Físicas. Despachos nº 105, 104B, 107, H110. Correo electrónico: <a href="mailto:salva@ugr.es">salva@ugr.es</a> , <a href="mailto:arubio@ugr.es">arubio@ugr.es</a> , <a href="mailto:mario@ugr.es">mario@ugr.es</a> y <a href="mailto:mcabello@ugr.es">mcabello@ugr.es</a> , |          |             |
|   |                   |       | HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS <sup>(1)</sup>  |          |             |
|   |                   |       | S. G. GARCÍA: L 10:00-14:00, M 11:30-13:30<br>M. R. CABELLO: L 10:00-13:00 M 10:00-13:00<br>A. R. BRETONES: L 10:00-13:00 M 10:00-13:00<br>M. F. PANTOJA<br>1er cuatr: L 10:00-11:30, L12:30-15, X,J 11:30-12:30<br>2º cuatr: L,M 12:00-1500   |          |             |
| GRADO EN EL QUE SE IMPARTE  |                   |       | OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR   |          |             |
| Grado en Físicas  |                   |       |  |          |             |
| PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)   |                   |       |  |          |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomienda haber cursado los módulos completos de Fundamentos de Física y de Métodos Matemáticos y la asignatura "Circuitos Eléctricos: Teoría e Instrumentación"</li> </ul>                      |                   |       |  |          |             |

1

Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/))



## BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)

Electrostática y magnetostática. Inducción electromagnética. Electromagnetismo en medios materiales. Ecuaciones de Maxwell. Ondas electromagnéticas. Técnicas experimentales de Electromagnetismo.

## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

### Generales

- CT1 Capacidad de análisis y síntesis.
- CT2 Capacidad de organización y planificación.
- CT3 Comunicación oral y/o escrita.
- CT5 Capacidad de gestión de la información.
- CT6 Resolución de problemas.
- CT7 Trabajo en equipo.
- CT8 Razonamiento crítico.
- CT9 Aprendizaje autónomo.

### Específicas

- CE1: Conocer y comprender los fenómenos y las teorías físicas más importantes.
- CE2: Estimar órdenes de magnitud para interpretar fenómenos diversos.
- CE4: Medir, interpretar y diseñar experiencias en el laboratorio o en el entorno
- CE5: Modelar fenómenos complejos, trasladando un problema físico al lenguaje matemático.
- CE7: Transmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes.
- CE9: Aplicar los conocimientos matemáticos en el contexto general de la física.

## OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

- Conocer la descripción de campos electromagnéticos generados por cargas y corrientes y la acción de campos sobre cargas.
- Saber utilizar las ecuaciones de Maxwell en su forma diferencial e integral.
- Conocer los principios, técnicas de análisis e instrumentos de medida, y los fenómenos experimentales en Electromagnetismo.

## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO:

#### **Tema 0: Herramientas matemáticas**

- 1.1. Campos escalares y vectoriales
- 1.2. Gradiente
- 1.3. Divergencia y teorema de la divergencia
- 1.4. Rotacional y teorema de Stokes
- 1.5. Representación gráfica de los campos.
- 1.6. Coordenadas curvilíneas ortogonales
- 1.7. Delta de Dirac
- 1.8. Teorema de Helmholtz
- 1.9. Clasificación de los campos según sus fuentes



### **Tema 1: Electrostática en el vacío**

- 1.1. Densidad de carga y corriente eléctrica
- 1.2. Conservación de la carga: corrientes estacionarias
- 1.3. Ley de fuerzas de Lorentz: movimiento de cargas en campos
- 1.4. Invarianza Galileana de los campos
- 1.5. Ley de Coulomb
- 1.6. Fuentes del campo electrostático: Potencial eléctrico
- 1.7. Ecuaciones de Poisson y Laplace
- 1.8. Energía potencial
- 1.9. Conductores perfectos: capacidad de un sistema
- 1.10. Estructuras simples de campo eléctrico

### **Tema 2: Magnetostática en el vacío**

- 2.1. Ley de Biot-Savart
- 2.2. Fuerza entre corrientes
- 2.3. Fuentes del campo magnetostático: Potencial vector
- 2.4. Estructuras simples de campo magnético

### **Tema 3: Electrodinámica**

- 3.1. Fuerza electromotriz
- 3.2. Ley de inducción de Faraday
- 3.3. Ley de inducción para caminos en movimiento
- 3.3. Inductancia
- 3.4. Corriente de desplazamiento en el vacío
- 3.5. Potenciales del campo electromagnético: Gauge
- 3.6. Ecuaciones de Maxwell en el vacío
- 3.7. Energía y momento del campo electromagnético: vector de Poynting
- 3.8. Ondas planas monocromáticas
- 3.9. Potenciales retardados
- 3.10. Radiación de partículas aceleradas

### **Tema 4: Desarrollo multipolar**

- 4.1. Expansión multipolar de una distribución estática de carga
- 4.2. Momentos monopolar, dipolar, cuadrupolar eléctricos: multipolos puntuales
- 4.3. Energía de interacción de dipolos eléctricos con un campo externo
- 4.4. Dipolo: fuerza y momento de un dipolo eléctrico en un campo externo
- 4.5. Polarización
- 4.6. Expansión multipolar de una distribución de corriente estacionaria
- 4.7. Momentos monopolar, dipolar magnéticos: dipolo puntual magnético
- 4.8. Energía, Fuerza y momento de un dipolo magnético en un campo externo
- 4.9. Potencial magnético escalar
- 4.10. Imanación

### **Tema 5: Ecuaciones de Poisson y Laplace**

- 5.1 Ecs. Poisson y Laplace
- 5.2 Teoremas de unicidad
- 5.3 Solución general: Función de Green
- 5.4 Método de las imágenes
- 5.5 Solución analítica ecuación de Laplace en cartesianas, cilíndricas y esféricas



## **Tema 6: Campo electromagnético y materia**

- 5.1. Polarización eléctrica y magnetización
- 5.2. Cargas y corrientes de polarización
- 5.3. Corrientes y cargas de magnetización.
- 5.4. Vectores desplazamiento eléctrico  $D$  e intensidad magnética  $H$ .
- 5.5. Susceptibilidad y constante dieléctrica. Clasificación de los medios dieléctricos.
- 5.6. Susceptibilidad y permeabilidad. Clasificación de los medios magnéticos.
- 5.7. Ferromagnetismo
- 5.8. Ley de Gauss en dieléctricos.
- 5.9. Ley de Ampere para medios magnéticos
- 5.10. Medios conductores: Ley de Ohm
- 5.11. Relajación en medios conductores.
- 5.12. Conductores estáticos. Resistencia.
- 5.13. Condiciones de continuidad en discontinuidades abruptas

## **Tema 7: Ecuaciones de Maxwell: ondas electromagnéticas**

- 6.1. Ecuaciones de Maxwell en la materia
- 6.2. Dominio del tiempo y dominio de la frecuencia
- 6.3. Ecuación de ondas en medios materiales
- 6.4. Ondas electromagnéticas planas: velocidades de fase y de grupo
- 6.5. Incidencia normal
- 6.6. Teorema de Poynting

TEMARIO PRÁCTICO:

### **Prácticas de Laboratorio**

Los alumnos asistirán a un total de 10 sesiones de 3 horas de duración durante el segundo semestre (30 horas presenciales) estando dedicada la última sesión a la evaluación de la parte práctica de la asignatura. Dichas sesiones, que se impartirán en el laboratorio de Electromagnetismo de la tercera planta de Físicas, se organizarán como:

**Sesión 0:** Introducción al laboratorio. Manejo de los aparatos de medida y fundamento teórico de los mismos.

**Sesiones 1 a 7:** Realización de un total de 8 prácticas de laboratorio seleccionadas del listado siguiente:

- Práctica 1: Problemas de potencial: Analogía con corrientes estacionarias.
- Práctica 2: Ley de Coulomb
- Práctica 3: Campo magnético creado por carretes de Helmholtz
- Práctica 4: Componente horizontal del campo magnético terrestre.
- Práctica 5: Ciclo de histéresis.
- Práctica 6: Fuerza de campos magnéticos sobre corrientes.
- Práctica 7: Ley de Faraday: Disco de Faraday
- Práctica 8: Condensador de placas paralelas
- Práctica 9: Radiación de microondas
- Practica 10: Simulación con ordenador de propagación de ondas electromagnéticas.

**Sesión 8:** Sesión de recuperación

**Sesión 9:** Sesión de evaluación.

Será obligatoria la asistencia a las sesiones 0 a 7 pero puede utilizarse la sesión 8 para recuperar alguna falta justificada.



## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Bernardo García Olmedo, "Fundamentos de Electromagnetismo, Universidad de Granada, 2006. (online: <http://maxwell.ugr.es/innov/visua0405/bgotomo1.htm> )
- J.R. Reitz, F.J. Milford, R.W. Christy, "Fundamentos de la teoría electromagnética," Addison Wesley, 1996 (4ª Ed)
- R.P. Feynman, Leighton, Sands, "Feynman Física, vol II. Electromagnetismo y Materia," Addison-Wesley Iberoamericana Wilmington, Delaware (1987)
- David J Griffiths, "Introduction to Electrodynamics," Addison Wesley, 1999 (3ª Ed.)

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- R. K. Wangsness, "Campos Electromagnéticos," Limusa, 1992 (2ª Ed.)
- P. Lorrain, D. Corson, "Campos y ondas electromagnéticos," Selecciones Científicas, 1994
- M. R. Danta, C. B. Cebrenos, A. G. "Campos Electromagnéticos," Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1999 (2ª Ed.)
- J.D. Jackson, "Classical Electrodynamics", John Wiley & Sons, 1999 (3ª Ed.) ("Electrodinámica Clásica", Alhambra, 1980 (2ª Ed.))
- E. Benito, "Problemas de campos electromagnéticos," Editorial AC, 1985.
- J. A. Edminister, "Teoría y problemas de electromagnetismo," McGraw-Hill, 1985
- J. F. Oria, V. Compañ, "Problemas sobre el campo electromagnético," ECIR, 1990.
- V. López Rodríguez, "Problemas resueltos de electromagnetismo," Ed. Centro de Estudios Ramón Areces, 1998 (2ª Ed.)

## ENLACES RECOMENDADOS

- Tablón de docencia UGR Prado2: <http://prado.ugr.es/moodle/>
- Proyectos innovación docente UGR <http://maxwell.ugr.es/innov/innova.htm>
- <http://laplace.us.es/wiki/index.php/Portada>
- <http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-02-electricity-and-magnetism-spring-2002/>
- [http://utubersity.com/?page\\_id=909](http://utubersity.com/?page_id=909)

## METODOLOGÍA DOCENTE

La asignatura contempla una duración de 300 horas (12 ECTS) de las cuales 120 son presenciales y 180 no presenciales.

La actividad presencial se ha dividido en:

- Clases teórico-expositivas (duración 53 horas presenciales): Presentación en el aula de los conceptos teóricos fundamentales. Desarrollo de los contenidos de mayor dificultad e importancia conceptual
- Clases de problemas (duración 21 horas presenciales): Resolución de ejercicios y problemas que ayuden a clarificar los conceptos, leyes físicas y técnicas expuestas en las clases de contenido más teórico.
- Clases prácticas de laboratorio (duración 27 horas presenciales). Realización de prácticas de laboratorio que permitan afianzar el conocimiento de los fenómenos electromagnéticos así como de las técnicas de medida usuales en Electromagnetismo. Se propone la realización de 9 sesiones de 3 horas de duración.
- Evaluación (19 horas): Dos exámenes parciales. un examen final y un examen extraordinario de los contenidos teóricos y problemas (4 horas cada examen). Una sesión de evaluación de los contenidos prácticos de laboratorio (3 horas).

La actividad no presencial consta de estudio de teoría y problemas; y preparación y estudio de las prácticas.

- La asistencia a las clases teóricas y de problemas es voluntaria. La asistencia a las clases de laboratorio es obligatoria.



| Horas Primer cuatrimestre | Temas del temario              | Actividades presenciales          |                            |                      | Actividades no presenciales  |   |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------|--|---|
|                           |                                | Sesiones teoría/problemas (horas) | Sesiones prácticas (horas) | Exámenes (horas)     | Tutorías individuales (horas)  | Estudio y trabajo individual del alumno (horas) |
| Semana 1                  | 0                              | 3/0                               | 0                          |                      | A criterio del alumno hasta cubrir las 90 horas/cuatrimestre no presenciales del plan de estudios. |   |
| Semana 2                  | 0, 1                           | 0/1, 2/0                          | 0                          |                      |  |   |
| Semana 3                  | 1                              | 2/1                               | 0                          |                      |  |   |
| Semana 4                  | 1                              | 0/3                               | 0                          |                      |  |   |
| Semana 5                  | 2                              | 2/1                               | 0                          |                      |  |   |
| Semana 6                  | 2, 3                           | 0/1, 2/0                          | 0                          |                      |  |   |
| Semana 7                  | 3                              | 3/0                               | 0                          |                      |  |   |
| Semana 8                  | 3                              | 0/3                               | 0                          |                      |  |   |
| Semana 9                  | 3                              | 2/1                               | 0                          |                      |  |   |
| Semana 10                 | 3, 4                           | 1/1, 1/0                          | 0                          |                      |  |   |
| Semana 11                 | 4                              | 3/0                               | 0                          |                      |  |   |
| Semana 12                 | 4                              | 0/3                               | 0                          |                      |  |   |
| Semana 13                 | 4                              | 0/2                               | 0                          |                      |  |   |
| Semana 14                 |                                |                                   |                            |                      |  |   |
| Semana 15                 | 1 <sup>er</sup> Examen parcial |                                   |                            | 4 (Teoría/problemas) |  |   |
| Total horas               |                                | 21/17                             | 0                          | 4                    |  |   |



| Segundo cuatrimestre | Temas del temario     | Actividades presenciales          |                            |                                       | Actividades no presenciales  |   |
|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--|---|
|                      |                       | Sesiones teoría/problemas (horas) | Sesiones prácticas (horas) | Exámenes (horas)                      | Tutorías individuales (horas)  | Estudio y trabajo individual del alumno (horas) |
| Semana 1             | 5                     | 3/0                               | 3                          |                                       | A criterio del alumno hasta cubrir las 90 horas/cuatrimestre no presenciales del plan de estudios. |   |
| Semana 2             | 5                     | 1/2                               | 3                          |                                       |  |   |
| Semana 3             | 5, 6                  | 0/2, 1/0                          | 3                          |                                       |  |   |
| Semana 4             | 6                     | 3/0                               | 3                          |                                       |  |   |
| Semana 5             | 6                     | 3/0                               | 3                          |                                       |  |   |
| Semana 6             | 6                     | 3/0                               | 3                          |                                       |  |   |
| Semana 7             | 6                     | 1/2                               | 3                          |                                       |  |   |
| Semana 8             | 6                     | 0/3                               | 3                          |                                       |  |   |
| Semana 9             | 6                     | 0/3                               | 3                          |                                       |  |   |
| Semana 10            | 7                     | 3/0                               | 0                          |                                       |  |   |
| Semana 11            | 7                     | 3/0                               | 0                          |                                       |  |   |
| Semana 12            | 7                     | 0/3                               | 0                          |                                       |  |   |
| Semana 13            | 2º Examen Parcial     |                                   |                            | 4 (Teoría/problemas)                  |  |   |
| Semana 14            | Examen Final          |                                   |                            | 4 (Teoría/problemas)<br>3 (Prácticas) |  |   |
| Semana 15            | Examen Extraordinario |                                   |                            | 4 (Teoría/problemas)                  |  |   |
| <b>Total horas</b>   |                       | 21/15                             | 27                         | 15                                    |  |   |



## EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

### Evaluación continua:

- Los estudiantes realizarán dos exámenes parciales eliminatorios sobre los contenidos teóricos y problemas de la asignatura.
- La parte práctica de la asignatura se realizará mediante la revisión de los guiones de laboratorio, y la evaluación continua durante las sesiones.

Para superar la asignatura mediante evaluación continua deben superarse por separado ambos exámenes parciales de la parte de teoría+problemas, y la parte práctica de la asignatura, calculándose la calificación final de la siguiente manera:

- Exámenes de teoría, 20% de la calificación.
- Exámenes de problemas, 60% de la calificación.
- Resultados de las prácticas de laboratorio: 20% de la calificación

Los alumnos que no superen en evaluación continua la asignatura, deberán hacer un examen final de la parte de teoría y problemas de la asignatura, y realizar un examen escrito de los contenidos prácticos de laboratorio, que se llevará a cabo en la sesión de evaluación.

### DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"

- Examen escrito de 4 horas de teoría y problemas
- Realizar las prácticas de laboratorio conforme a la programación establecida en esta Guía Docente

### INFORMACIÓN ADICIONAL

