

# ELECTROMAGNETISMO

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Electromagnetismo	Electromagnetismo	3º	Anual	12	Obligatoria
<b>PROFESOR</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salvador González García</li> <li>• Amelia Rubio Bretones</li> <li>• Luis Díaz Angulo</li> <li>• Miguel Ruiz Cabello</li> </ul>			Dpto. Electromagnetismo y Física de la Materia, 2ª planta de Físicas, Facultad de Ciencias. Despacho nº Correo electrónico: {salva, arubio, lmdiazangulo, mcabello}@ugr.es		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>		
<b>GRADO EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>		
Grado en Físicas					
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)</b>					
Se recomienda haber cursado los módulos completos de Fundamentos de Física y de Métodos Matemáticos.					
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)</b>					
Electrostática y magnetostática. Inducción electromagnética. Electromagnetismo en medios materiales. Ecuaciones de Maxwell. Ondas electromagnéticas. Técnicas experimentales de Electromagnetismo.					
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS</b>					
<b>Transversales</b> 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)

- 1.- Conocer la descripción de campos electromagnéticos generados por cargas y corrientes y la acción de campos sobre cargas.
- 2.- Saber utilizar las ecuaciones de Maxwell en su forma diferencial e integral.
- 3.- 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. Clasificación de los campos según sus fuentes
- 1.7. Coordenadas cartesianas cilíndricas y esféricas
- 1.8. Teorema de Helmholtz

#### Tema 1: Electrostática

- 1.1. Campo eléctrico
- 1.2. Ley de Coulomb
- 1.3. Potencial eléctrico
- 1.4. Energía potencial
- 1.5. Ecuaciones de Poisson y Laplace.
- 1.6. Conductores
- 1.7. Estructuras simples de campo eléctrico

#### Tema 2: Magnetostática

- 2.1. Ley de fuerzas de Lorentz
- 2.2. Ecuación de continuidad
- 2.3. Conducción
- 2.4. Corrientes estacionarias.
- 2.5. Ley de Biot-Savart
- 2.6. Potencial vector
- 2.7. Estructuras simples de campo magnético

#### Tema 3: Electrodinámica

- 3.1. Fuerza electromotriz



3.2. Ley de inducción de Faraday

3.3. Inductancia

3.4. Energía en campos magnéticos

3.5. Ecuaciones de Maxwell en el vacío

**Tema 4: Desarrollo multipolar**

4.1. Expansión multipolar de una distribución estática de carga

4.2. Expansión multipolar de una distribución de corriente estacionaria

4.3. Fuerzas y momentos sobre dipolos eléctrico y magnético

**Tema 5: Campo eléctrico y materia**

5.1. Polarización eléctrica.

5.2. Cargas equivalentes de polarización

5.3. Ley de Gauss en dieléctricos. Vector desplazamiento eléctrico

5.4. Corriente de polarización y corriente de desplazamiento.

5.5. Susceptibilidad y constante dieléctrica. Clasificación de los medios dieléctricos.

**Tema 6: Campo magnético y materia**

6.1. Magnetización

6.2. Corrientes equivalentes de magnetización.

6.3. Campo de un objeto magnetizado

6.3. Ley de Ampere para medios materiales. Vector intensidad magnética

6.4. Susceptibilidad y permeabilidad. Clasificación de los medios magnéticos.

**Tema 7: Ecuaciones de Maxwell en medios materiales**

7.1. Ecuaciones de Maxwell en la materia

7.2. Condiciones de contorno

**Tema 8: Ondas electromagnéticas**

8.1. Ecuación de ondas

8.2. Ondas electromagnéticas planas.

**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.



3.2. Ley de inducción de Faraday

3.3. Inductancia

3.4. Energía en campos magnéticos

3.5. Ecuaciones de Maxwell en el vacío

**Tema 4: Desarrollo multipolar**

4.1. Expansión multipolar de una distribución estática de carga

4.2. Expansión multipolar de una distribución de corriente estacionaria

4.3. Fuerzas y momentos sobre dipolos eléctrico y magnético

**Tema 5: Campo eléctrico y materia**

5.1. Polarización eléctrica.

5.2. Cargas equivalentes de polarización

5.3. Ley de Gauss en dieléctricos. Vector desplazamiento eléctrico

5.4. Corriente de polarización y corriente de desplazamiento.

5.5. Susceptibilidad y constante dieléctrica. Clasificación de los medios dieléctricos.

**Tema 6: Campo magnético y materia**

6.1. Magnetización

6.2. Corrientes equivalentes de magnetización.

6.3. Campo de un objeto magnetizado

6.3. Ley de Ampere para medios materiales. Vector intensidad magnética

6.4. Susceptibilidad y permeabilidad. Clasificación de los medios magnéticos.

**Tema 7: Ecuaciones de Maxwell en medios materiales**

7.1. Ecuaciones de Maxwell en la materia

7.2. Condiciones de contorno

**Tema 8: Ondas electromagnéticas**

8.1. Ecuación de ondas

8.2. Ondas electromagnéticas planas.

**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:

- Fundamentos de Electromagnetismo; Bernardo García Olmedo, Universidad de Granada, 2005.
- Campos Electromagnéticos, R. K. Wangsness, John Wiley and Sons, 2ª Edición
- Introduction to Electrodynamics, Tercera Edición. Griffiths, David J. Prentice Hall.
- Problemas resueltos de electromagnetismo; V. López Rodríguez, Ed. Centro de Estudios Ramón Areces, 2ª Edición

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Introduction to Electrodynamics, J.R. Reitz, F.J. Milford, R.W. Christy, Pearson Education, 4ª Edición.
- Campos Electromagnéticos, M. Rodríguez Danta, C. Bellver, Cebreros, A. González Fernández, Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 2ª Edición.
- Electromagnetic Fields and Energy, H.A. Haus and J.R. Melcher, Prentice Hall, 1989.
- "Teoría Electromagnética", William H. Hayt and John A. Back, McGraw-Hill, 2005.

## ENLACES RECOMENDADOS

<http://maxwell.ugr.es/salvador> (links a páginas web del curso)  
<http://maxwell.ugr.es> (página web del grupo de investigación GEG)  
<http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-02-electricity-and-magnetism-spring-2002/>  
<http://www.physics.hku.hk/~phys1415/EMNotes.pdf>  
[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 55 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 23 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 (15 horas): Dos exámenes parciales y un examen final 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 prácticas es obligatoria.

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			
Semana 2	0	3/0	0			
Semana 3	0	0/3				
Semana 4	1	3/0	0			
Semana 5	1	3/0	0			
Semana 6	1	3/0	0			
Semana 7	1	0/3	0			
Semana 8	2	3/0	0			
Semana 9	2	3/0	0			
Semana 10	2	3/0	0			
Semana 11	2	0/3	0			
Semana 12	3	3/0	0			
Semana 13	3	3/0	0			
Semana 14	3	0/2	0			
Semana 15	Exámenes			4 (Teoría/problemas)		
Total horas		30/11		4		

A criterio del alumno hasta cubrir las 90 horas/cuatrimestre no presenciales del plan de estudios.



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	4	3/0	0			
Semana 2	4	1/2	0			
Semana 3	5	3/0	3			
Semana 4	5	3/0	3			
Semana 5	5	0/3	3			
Semana 6	6	3/0	3			
Semana 7	6	3/0	3			
Semana 8	6	0/3	3			
Semana 9	7	3/0	3			
Semana 10	7,8	1/2	3			
Semana 11	8	3/0	3			
Semana 12	8	2/1				
Semana 13	8	0/1				
Semana 14	Exámenes			4 (Teoría/problemas) 3 (Prácticas)		
Semana 15	Exámenes			4 (Teoría/problemas)		
Total horas		25/12		11		

A criterio del alumno hasta cubrir las 90 horas/cuatrimestre no presenciales del plan de estudios.



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

Para la evaluación de la asignatura, atendiendo a la normativa al respecto de la Universidad de Granada del 20 de Mayo de 2013, se contemplan dos opciones: evaluación continua o evaluación única final.

**La evaluación continua** se realizará con el siguiente sistema de evaluación:

**Importante:** Deben superarse por separado la parte teórica y práctica de la asignatura, calculándose la calificación final de la siguiente manera:

1. Un examen cuatrimestral escritos de teoría y problemas: 80% de la calificación. (Duración máxima: 4 horas).
2. Resultados de las prácticas de laboratorio: 20% de la calificación
3. Examen final escrito sobre los contenidos totales de la asignatura (Duración máxima 4 horas). Quedará exento de este examen quién haya superado los dos exámenes cuatrimestrales.

**La evaluación única final** se realizará presentándose a examen final, que constará de dos partes

- 1) Resolución de las cuestiones, ejercicios y problemas de acuerdo al temario de esta guía, y que se basan en los libros y material docente antes consignado (duración máxima 4 horas).
- 2) Resolución de las cuestiones relacionadas con el temario practico de la asignatura (duración máxima 3 horas).

### INFORMACIÓN ADICIONAL

El Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia aprobó en sesión de consejo de Departamento de fecha 17/06/2013 la presente guía docente. Para que conste a los efectos oportunos,



*Salvador G. García*

Fecha, firma y sello

Edo. Director/a o Secretario/a

