

Fecha de aprobación: 28/06/2024

Guía docente de la asignatura

## Electromagnetismo (2671131)

<b>Grado</b>	Grado en Física	<b>Rama</b>	Ciencias				
<b>Módulo</b>	Electromagnetismo	<b>Materia</b>	Electromagnetismo				
<b>Curso</b>	3º	<b>Semestre</b>	1 y 2º	<b>Créditos</b>	12	<b>Tipo</b>	Obligatoria

### PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Se recomienda haber cursado los módulos completos de Fundamentos de Física y de Métodos Matemáticos y la asignatura “Circuitos Eléctricos: Teoría e Instrumentación”

### 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 ASOCIADAS A MATERIA/ASIGNATURA

#### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Capacidad de análisis y síntesis
- CG02 - Capacidad de organización y planificación
- CG03 - Comunicación oral y/o escrita
- CG05 - Capacidad de gestión de la información
- CG06 - Resolución de problemas
- CG07 - Trabajo en equipo
- CG08 - Razonamiento crítico
- CG09 - Aprendizaje autónomo

#### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Conocer y comprender los fenómenos y las teorías físicas más importantes.
- CE02 - Estimar órdenes de magnitud para interpretar fenómenos diversos.
- CE04 - Medir, interpretar y diseñar experiencias en el laboratorio o en el entorno
- CE07 - Transmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes.



- CE09 - Aplicar los conocimientos matemáticos en el contexto general de la física.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

- 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.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### 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: Electrostatica 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

#### Tema 4: Ecuaciones de Poisson y Laplace



- 4.1 Ecs. Poisson y Laplace
- 4.2 Teoremas de unicidad
- 4.3 Solución general: Función de Green
- 4.4 Método de las imágenes
- 4.5 Solución analítica ecuación de Laplace en cartesianas, cilíndricas y esféricas
- Tema 5: Desarrollo multipolar
  - 5.1. Expansión multipolar de una distribución estática de carga
  - 5.2. Momentos monopolar, dipolar, cuadrupolar eléctricos: multipolos puntuales
  - 5.3. Energía de interacción de dipolos eléctricos con un campo externo
  - 5.4. Dipolo: fuerza y momento de un dipolo eléctrico en un campo externo
  - 5.5. Polarización
  - 5.6. Expansión multipolar de una distribución de corriente estacionaria
  - 5.7. Momentos monopolar, dipolar magnéticos: dipolo puntual magnético
  - 5.8. Energía, Fuerza y momento de un dipolo magnético en un campo externo
  - 5.9. Potencial magnético escalar
  - 5.10. Imanación
- Tema 6: Campo electromagnético y materia
  - 6.1. Polarización eléctrica y magnetización
  - 6.2. Cargas y corrientes de polarización
  - 6.3. Corrientes y cargas de magnetización
  - 6.4. Vectores desplazamiento eléctrico D, e intensidad magnética H
  - 6.5. Susceptibilidad y constante dieléctrica. Clasificación de los medios dieléctricos
  - 6.6. Susceptibilidad y permeabilidad. Clasificación de los medios magnéticos
  - 6.7. Ley de Gauss en dieléctricos
  - 6.8. Ley de Ampere para medios magnéticos
  - 6.9. Medios conductores: Ley de Ohm
  - 6.10. Relajación en medios conductores
  - 6.11. Conductores estáticos. Resistencia
  - 6.12. Condiciones de continuidad en discontinuidades abruptas
  - 6.13. Sistemas acoplados eléctricos y magnéticos
  - 6.14. Teorema de Poynting, energía y fuerza en medios materiales en estática
- Tema 7: Ecuaciones de Maxwell: ondas electromagnéticas
  - 7.1. Ecuaciones de Maxwell en la materia
  - 7.2. Ondas planas: soluciones retardadas en el dominio del tiempo
  - 7.3. Potenciales retardados
  - 7.4. Radiación de partículas aceleradas
  - 7.5. Ondas planas en medios dispersivos: dominio de la frecuencia
  - 7.6. Velocidades de fase y de grupo
  - 7.7. Incidencia normal

## PRÁCTICO

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

Sesión 1: Introducción al laboratorio.

Sesiones 2 a 8: Realización de un total de 7 prácticas de laboratorio seleccionadas del listado siguiente:

Práctica 1: Problemas de potencial: Analogía con corrientes estacionarias.

Práctica 2: Ley de Faraday para campos variables con el tiempo

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 para caminos en movimiento: Disco de Faraday

Práctica 8: Condensador de placas paralelas

Práctica 9: Ley de Faraday para caminos en movimiento: Péndulo con bobina.

Práctica 10: Experimento de Millikan.

Práctica 11: Ley de Coulomb,

Sesión 9: Sesión de recuperación

Sesión 10: Sesión de evaluación.

Será obligatoria la asistencia a las sesiones 1 a 8 pero puede utilizarse la sesión 9 para recuperar alguna falta justificada. La sesión de evaluación estará dedicada a los alumnos que no hayan superado la parte práctica de la asignatura mediante la entrega de los cuadernos de prácticas.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Bernardo García Olmedo, "Fundamentos de Electromagnetismo, Universidad de Granada, 2006. (online via <https://prado.ugr.es>)
- R.P. Feynman, Leighton, Sands, "Feynman Física, vol II. Electromagnetismo y Materia," Addison-Wesley Iberoamericana Wilmington, Delaware (1987)
- Andrew Zangwill, Modern Electrodynamics, Cambridge University Press, 2013
- J.R. Reitz, F.J. Milford, R.W. Christy, "Fundamentos de la teoría electromagnética," Addison Wesley, 1996 (4ª Ed)
- David J Griffiths, "Introduction to Electrodynamics," Addison Wesley, 1999 (3ª Ed.)

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- J.D. Jackson, "Classical Electrodynamics", John Wiley & Sons, 1999 (3ª Ed.) ("Electrodinámica Clásica", Alhambra, 1980 (2ª Ed.))
- M. R. Danta, C. B. Cebrenos, A. G. "Campos Electromagnéticos," Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1999 (2ª Ed.)
- P. Lorrain, D. Corson, "Campos y ondas electromagnéticos," Selecciones Científicas, 1994
- 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 Prado: <http://prado.ugr.es>
- Proyectos innovación docente UGR <http://maxwell.ugr.es/innov/innova.htm>
- <http://laplace.us.es/wiki/index.php/Portada>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 - Lección magistral/expositiva



## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

La evaluación ordinaria, consiste en tres pruebas realizadas en diferentes fechas:

- **Prueba [P1] Contenidos teoría y problemas** correspondientes del tema 0 al tema 4 (porcentaje de la asignatura 40%).
- **Prueba [P2] Contenidos teoría y problemas** correspondientes del tema 5 al tema 7 (porcentaje de la asignatura 40%).
- **Prueba [P3] Prácticas** (porcentaje 20%). Se realizará mediante la revisión de los guiones de laboratorio y la evaluación continua durante las sesiones. Los estudiantes que no hayan superado las prácticas por evaluación continua tendrán que realizar un examen sobre los contenidos prácticos de laboratorio, que se llevará a cabo en la sesión de evaluación. Para poder realizar dicho examen será imprescindible haber asistido a todas las sesiones prácticas y haber entregado los correspondientes cuadernos con los resultados de las mismas.
- **Notas Generales:**
  - Los exámenes pueden tener modalidad escrita, tipo test o combinada.
  - Para superar la asignatura deben superarse por separado las tres partes de la asignatura: [P1], [P2] y [P3].

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

- Examen sobre los contenidos de teoría y problemas de la asignatura (80% de la calificación)
- Los alumnos que hayan superado la parte práctica de la asignatura en la convocatoria ordinaria podrán conservar la calificación obtenida en dicha convocatoria, en caso contrario realizarán un examen sobre los contenidos prácticos de laboratorio (20% de la calificación)

Nota: El examen de teoría puede tener modalidad escrita (desarrollo) o tipo test.

Para superar la asignatura deben superarse por separado la parte de teoría+problemas y la de prácticas.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

**TEORÍA/PROBLEMAS (Porcentaje sobre calificación final: 80%):**

Examen sobre los contenidos de teoría y problemas de la asignatura.

Nota: El examen de teoría puede tener modalidad escrita (desarrollo) o tipo test.

**PRÁCTICAS (Porcentaje sobre calificación final: 20%):**

Los alumnos realizarán las prácticas mediante la utilización de datos sintéticos y entregarán los cuadernos de prácticas correspondientes. Se valorará la resolución de las tareas especificadas en los guiones de prácticas.

Para superar la asignatura deben superarse por separado la parte de teoría+problemas y la de prácticas.

## INFORMACIÓN ADICIONAL





Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): [Gestión de servicios y apoyos \(https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad\)](https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

