



Asignatura: Electromagnetismo II

Código:16400

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Física

Curso Académico: 2016 - 2017

Tipo: Obligatoria

Nº de créditos: 9

## 1. ASIGNATURA / COURSE TITLE

ELECTROMAGNETISMO II /ELECTROMAGNETISM II

### 1.1. Código/Course code

16400

### 1.2. Materia/ Content area

Electromagnetismo / Electromagnetism

### 1.3. Tipo/Coursetype

Formación obligatoria /Compulsory subject

### 1.4. Nivel / Course level

Grado/Bachelor (first cycle)

### 1.5. Curso / Year

2º/2<sup>nd</sup>

### 1.6. Semestre / Semester

Segundo/Second

### 1.7. Idioma / Language

Español. Se emplea también inglés en material docente. / In addition to Spanish, English is also extensively used in teaching material.

### 1.8. Requisitos previos / Prerequisites

Conocimientos básicos de física y matemáticas al nivel de primer curso de grado. Conocimientos de electromagnetismo I./Basic physics and mathematics knowledge at the level of 1<sup>st</sup> year of studies. Knowledge of Electromagnetism I.



Asignatura: Electromagnetismo II

Código:16400

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Física

Curso Académico: 2016 - 2017

Tipo: Obligatoria

Nº de créditos: 9

## 1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales/ **Minimum attendance requirements**

Asistencia obligatoria/ [Assistance is compulsory](#)

## 1.10. Datos del equipo docente /**Coordinator data**

Docente(s) / [Lecturer\(s\)](#) Luis Viña Liste (Coordinador)

Departamento de / [Department of](#) Física de Materiales

Facultad / [Faculty](#) Ciencias

Despacho-Módulo / [Office-Module](#) C-4-507

Teléfono / [Phone](#): +34 91 4974782

Correo electrónico/[Email](#): luis.vina@uam.es

Página web/[Website](#):

Horario de atención al alumnado/[Office hours](#): Viernes de 9 a 10/ [Fridays from 9 to 10](#)

## 1.11. Objetivos del curso / **Course objectives**

El objetivo principal de esta asignatura es completar la formación del estudiante, junto a la asignatura Electromagnetismo I, en la formulación de Maxwell de la teoría clásica del Electromagnetismo, entendiendo así el significado y aplicaciones de las cuatro ecuaciones de Maxwell y su relación con las ondas electromagnéticas.

En la asignatura se describe la física de cargas en movimiento, el formalismo de la magnetostática, tanto en vacío como en presencia de materia, partiendo de la Ley empírica de Ampere, con la introducción de conceptos como el Potencial Vector, Inducción Magnética, Energía Magnetostática, Multipolos Magnéticos e Imanación. Por último se hace una introducción a la propagación del campo electromagnético mediante Ondas Electromagnéticas y se finalizará con la formulación relativista de las ecuaciones de Maxwell.

En particular se desarrollarán las siguientes competencias(\*):

- A1. Conocer y comprender las leyes y principios fundamentales de la física, y ser capaz de aplicar estos principios a diversas áreas de la física.
- A2. Haberse familiarizado con las áreas más importantes de la física, y reconocer los enfoques comunes a muchas áreas en física.
- A5. Ser capaz de resolver problemas en física identificando los principios físicos relevantes.



## Asignatura: Electromagnetismo II

Código: 16400

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Física

Curso Académico: 2016 - 2017

Tipo: Obligatoria

Nº de créditos: 9

- A6. Ser capaz de extraer lo esencial de un proceso o situación y establecer un modelo matemático del mismo, realizando las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir el problema hasta un nivel manejable.
- A8. Desarrollar una clara percepción de las situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías, permitiendo el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.
- B1. Capacidad de análisis y síntesis.
- B7. Resolución de problemas.
- B13. Habilidad para trabajar de forma autónoma.
- B14. Capacidad de aprendizaje autónomo.

(\*) Competencias recogidas en la Memoria de Verificación del Grado, y correspondientes al módulo “Mecánica y Electromagnetismo”, al que pertenece esta asignatura.

The main objective of this course is to complete the formation of the student, together with Electromagnetism, in the Maxwellian formulation of the classical theory of electromagnetism, thus understanding the meaning and the applications of the four Maxwell's equations and their relation with electromagnetic waves.

In the course are described the physics of moving charges and the formalism of magnetostatic, both in vacuum and in the presence of matter, beginning with the empirical law of Ampere, with the introduction of concepts like vector potential, magnetic induction, magnetostatic energy, magnetic multipoles and magnetization. Finally, an introduction to the propagation of the electromagnetic field by electromagnetic waves and the relativistic formulation of Maxwell's equations is presented.

In particular the following skills will be developed:

- A1. To learn and understand the laws and principles of physics and to be able to apply these principles to various areas of physics.
- A2. To become familiar with the most important areas of physics and to recognize common approaches to many areas in physics.
- A5. To be able to solve problems in physics by identifying the relevant physical principles.
- A6. To be able to extract the content of a process or situation and to establish a mathematical model of it, performing the required approximations in order to reduce the problem to a manageable level.



Asignatura: Electromagnetismo II

Código:16400

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Física

Curso Académico: 2016 - 2017

Tipo: Obligatoria

Nº de créditos: 9

- A8. To develop a clear perception of situations that are physically different, but show analogies, allowing the use of already known solutions to new problems.
- B1. Capacity for analysis and synthesis.
- B7. Resolution of problems.
- B13. Ability to work autonomously.
- B14. Independent learning ability.

## 1.12. Contenidos del programa / Course contents

### Contenido teórico:

1. CARGAS EN MOVIMIENTO: Corriente eléctrica, ley de continuidad. Fuerza electromotriz, ley de Ohm. Condiciones de contorno para la densidad de corriente. Leyes de Kirchhoff. Corrientes de polarización. Introducción a la superconductividad
2. MAGNETOSTÁTICA EN EL VACIO: Transformación de Lorentz del campo eléctrico. Campo magnético. Fuerza de Lorentz. Ley de Biot y Savart. Movimiento de cargas en un campo magnético. Efecto Hall. El potencial vector. Ley de Ampere. El dipolo magnético. Potencial magnético escalar
3. MAGNETOSTÁTICA EN MEDIOS MATERIALES: Imanación y corrientes de magnetización. Permeabilidad magnética y vector H. Condiciones de frontera. Resolución de la ecuación de Laplace en medios magnéticos. Aplicación a la superconductividad. Efecto Meissner. Teoría microscópica del magnetismo en materiales: diamagnetismo, paramagnetismo y ferromagnetismo.
4. INDUCCION MAGNETICA: Ley de Lenz. Potencial vector e inducción magnética. Autoinducción e inducción mutua. Fórmula de Neumann.
5. ENERGIA ASOCIADA AL CAMPO MAGNETICO: Energía de formación e interacción entre corrientes. Densidad de energía del campo magnético. Fuerzas y momentos entre circuitos. Histéresis. Corrientes dependientes del tiempo.
6. ECUACIONES DE MAXWELL: Corriente de desplazamiento. Ecuaciones de Maxwell. Vector de Poynting. Ecuación de ondas. Ondas monocromáticas planas. Energía, momento y presión de radiación. Constante dieléctrica compleja: condiciones de frontera.



Asignatura: Electromagnetismo II

Código:16400

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Física

Curso Académico: 2016 - 2017

Tipo: Obligatoria

Nº de créditos: 9

7. GENERACIÓN Y PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS: Potenciales retardados. Emisión por cargas aceleradas. El dipolo oscilante. Atenuación.
8. FORMULACIÓN RELATIVISTA DE LAS ECUACIONES DE MAXWELL: Invariancia relativista de las ecuaciones de Maxwell. Relaciones de transformación del campo electromagnético.

### Contenido práctico:

Resolución de problemas y prácticas en aula adaptadas al desarrollo del programa.

### Theoretical content:

1. MOVING CHARGES: Electric current, continuity law. Electromotive force, Ohm's law. Boundary conditions for the current density. Kirchhoff's laws. Polarization currents. Introduction to superconductivity
2. MAGNETOSTATIC IN VACUUM: Lorentz transformation of the electric field. Magnetic field. Lorentz force. Biot and Savart's law. Movement of charges in a magnetic field. Hall effect. The vector potential. Ampere's law. The magnetic dipole. Magnetic scalar potential
3. MAGNETOSTATIC IN MATERIALS: Magnetic induction and magnetization currents. Magnetic permeability and vector H. Boundary conditions. Resolution of Laplace equation on magnetic media. Application to superconductivity. Meissner's effect. Microscopic theory of magnetism in materials: diamagnetism, paramagnetism and ferromagnetism.
4. MAGNETIC INDUCTION: Lenz's Law. Vector potential and magnetic induction. Self-inductance and mutual inductance. Neumann's formula.
5. ENERGY ASSOCIATED TO THE MAGNETIC FIELD: Formation energy and interaction between currents. Energy density of the magnetic field. Forces and moments between circuits. Hysteresis. Time-dependent currents.
6. MAXWELL'S EQUATIONS: Displacement current. Maxwell's equations. Poynting's vector. Wave equation. Monochromatic plane waves. Energy, momentum and radiation pressure. Complex dielectric constant: boundary conditions.
7. GENERATION AND PROPAGATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES: Retarded potentials. Emission by accelerating charges. The oscillating dipole. Attenuation.



Asignatura: Electromagnetismo II

Código:16400

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Física

Curso Académico: 2016 - 2017

Tipo: Obligatoria

Nº de créditos: 9

8. RELATIVISTIC FORMULATION OF MAXWELL'S EQUATIONS: Relativistic invariance of Maxwell's equations. Transformation relations of the electromagnetic field.

#### Practical content:

Resolutions of problems and classroom exercises adapted to the evolution of the program.

### 1.13. Referencias de consulta / Course bibliography

1. R. K. Wangsness, Campos Electromagnéticos. Ed. Limusa (Méjico) 20ª Edición, 1986.
2. J. R. Reitz, F. J. Milford, R. W. Christy, Fundamentos de la Teoría Electromagnética. Ed Addison-Wesley Iberoamericana (Delaware) 1984.
3. P. Lorrain, D. R. Corson, Campos y Ondas Electromagnéticos. Ed. Selecciones Científicas (Madrid) 1972.
4. R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, Feynman, Vol. II: Electromagnetismo y materia Ed. Addison Wesley Iberoamericana S.A. (Wilmington) 1987.

#### Libros de Problemas / Problem's books

1. F. Gascón, A. Bayón, R. Medina, M.A. Porras, F. Salazar, Electricidad y Magnetismo, Pearson Prentice Hall (2004)
2. A. González Fernandez, Problemas de campos electromagnéticos. Colección Schaum, McGraw-Hill.
3. L. Abad, A. Chocarro y A. Velasco, Teoría y problemas resueltos de electromagnetismo. MBH, Bellisco Ediciones técnicas y científicas.

### 2. Métodos docentes / Teaching methodology

La docencia presencial incluye clases teóricas, resolución de problemas, prácticas en aula y tutorías.

**Clases teóricas:** En forma de “lección magistral”, de 50 minutos de duración, impartida al conjunto de alumnos.

**Clases de Problemas:** Se distribuirán periódicamente hojas de problemas, que serán parcialmente resueltos por el profesor.



## Asignatura: Electromagnetismo II

Código:16400

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Física

Curso Académico: 2016 - 2017

Tipo: Obligatoria

Nº de créditos: 9

**Prácticas en aula:** Consisten en la resolución de ejercicios por los alumnos, guiados por el profesor.

**Tutorías:** Atención personalizada, para resolución de dudas sobre los contenidos de las clases presenciales.

**Classroom teaching** includes lectures, problem solving, classroom exercises and tutorials.

**Theoretical classes:** Lectures, 50 minutes long, given to all students.

**Problem's solving:** Problems and exercises will be distributed periodically, which will be partially solved by the professor.

**Classroom exercises:** Students, guided by the professor, will solve different exercises.

**Tutorials:** Individual tutorials for resolution of different questions about the lectures' content.

### 3. Tiempo de trabajo del estudiante / **Student workload**

TIPO DE ACTIVIDAD DOCENTE	TIEMPO DE TRABAJO DEL ALUMNO EN HORAS	TOTAL	ECTS
Clases teóricas	15 semanas x 3 h/semana	45	1.8
Clases de problemas/seminarios	15 semanas x 1 h/ semana	15	0.6
Estudio clases de teoría	15 semanas x 5h/semana	75	3.0
Estudio clases de problemas	15 semanas x 3.5 h/ semana	52	2.1
Prácticas en aula	15 semanas x 2 h/semana	30	1.2
Tutorías	5 tutorías x 1 h/tutoría	5	0.2
Evaluación (solo exámenes)	1 examen	3	0.1
<b>TOTAL</b>		<b>225</b>	<b>9.0</b>



Asignatura: Electromagnetismo II

Código: 16400

Centro: Facultad de Ciencias

Titulación: Física

Curso Académico: 2016 - 2017

Tipo: Obligatoria

Nº de créditos: 9

#### 4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / Evaluation procedures and weights

**Criterio de calificación:** En la calificación final de cada convocatoria se tendrá en cuenta el resultado del examen (70%) y los ejercicios resueltos en las prácticas en aula (30%).

En el examen se evalúan las competencias del alumno en cuanto al conocimiento y comprensión de las leyes y principios fundamentales de la física y los contenidos de la asignatura, así como la competencia en la resolución de problemas identificando los principios físicos relevantes y aplicando los modelos matemáticos requeridos. También son evaluadas competencias transversales relativas a la capacidad de análisis y síntesis.

En los ejercicios resueltos en las prácticas en aula se evalúan las competencias del alumno en cuanto al conocimiento y comprensión de los contenidos de la asignatura, así como la competencia en la resolución de problemas identificando los principios físicos relevantes y detectando analogías que permiten aplicar soluciones conocidas a nuevos problemas. También son evaluadas competencias transversales relativas a la capacidad de síntesis, resolución de problemas, aprendizaje y trabajo autónomo.

**Exámenes:** En la convocatoria ordinaria se realizará un examen al final del periodo de clases, con preguntas teóricas y, principalmente, problemas. Los alumnos que no realicen dicho examen, o que no se hayan presentado a un mínimo de 3 prácticas en aula serán calificados en la convocatoria ordinaria como "No evaluado".

En la convocatoria extraordinaria el examen tendrá las mismas características que en la ordinaria, conservándose la parte de la calificación correspondiente a las prácticas en aula.

**Grading Criteria:** For the final grade of each call a 70% and a 30% weight will be given to the exam and to the solving of classroom exercises, respectively.

In the exam different students' skills are evaluated: the knowledge and understanding of the fundamental laws and principles of physics and the contents of the subject field, also the capacity to solve problems by identifying the relevant physical principles and applying the required mathematical models. Also transversal competences regarding the ability of analysis and synthesis will be evaluated.





**Asignatura: Electromagnetismo II**

Código: 16400  
 Centro: Facultad de Ciencias  
 Titulación: Física  
 Curso Académico: 2016 - 2017  
 Tipo: Obligatoria  
 Nº de créditos: 9

In the problems solved during the classroom exercises the skills of the student in the knowledge and understanding of the contents of the subject field, and the capacity of solving problems by identifying the relevant physical principles and detecting analogies that allow one to apply known solutions to new problems are evaluated. Also transversal competences regarding the ability for synthesis, problem solving, independent learning and autonomous work are evaluated.

**Exams:** In the ordinary call an examination will take place at the end of the lecturing period, with theoretical questions and mainly problems. Students who do not make such an examination, or that have not participated in a minimum of 3 classroom exercises will be graded on the ordinary call as "not evaluated".

In the extra-ordinary call the exam will have the same characteristics as in ordinary call, keeping the grade obtained in the classroom exercises.

**5. Cronograma\*/ Course calendar**

MES		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Semana		SEMANAS 1 - 7			SEMANAS 8 - 15	
Bloque temático		TEMAS 1-4			TEMAS 5-8	
Actividad Docente	Clases teóricas	3 h/semana			3 h/semana	
	Clases de problemas	1 h/semana			1 h/semana	
	Prácticas en aula	2 h/semana			2 h/semana	
	Exámenes					

\*Este cronograma tiene carácter orientativo

\*This chronogram has only approximate informative character.