



Asignatura: Electrodinámica Clásica
Código: 16420
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Física
Nivel: Grado
Tipo: Formación optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

ASIGNATURA / COURSE TITLE

Electrodinámica Clásica / Classical Electrodynamics

1.1. Código / Course number

16420

1.2. Materia / Content area

Electrodinámica Clásica / Classical Electrodynamics

1.3. Tipo / Course type

Formación optativa / Elective subject

1.4. Nivel / Course level

Grado / Bachelor (first cycle)

1.5. Curso / Year

3º ó 4º / 3rd or 4th

1.6. Semestre / Semester

2º / 2nd (Spring semester)

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

Es muy recomendable haber cursado las asignaturas de Electromagnetismo y Mecánica y Ondas. Para la parte final del curso (Temas 7 y 8) también es útil lo que el alumno haya podido aprender acerca de tensores en el caso de haber escogido la asignatura de Métodos Matemáticos Avanzados / Some previous knowledge of Electromagnetism and Mechanics and Waves is highly advisable. For the final part of the course (items 7 and 8) are also useful the things learnt by the student about tensors in case of having chosen Advanced Mathematical Methods



Asignatura: Electrodinámica Clásica
Código: 16420
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Física
Nivel: Grado
Tipo: Formación optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

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

La asistencia es obligatoria al menos en un 80% / [Attendance at a minimum of 80% of in-class sessions is mandatory](#)

1.10. Datos del equipo docente / **Faculty data**

Coordinador:

Docente / **Lecturer:** Carlos Muñoz López

Departamento de Física Teórica / [Department of Theoretical Physics](#)

Facultad de Ciencias / [Faculty of Science](#)

Despacho 508 - Módulo 15 / [Office 508 - Module 15](#)

Teléfono / **Phone:** +34 914974891

Correo electrónico / **Email:** carlos.munnoz@uam.es

Página web/**Website:** <https://moodle.uam.es/user/view.php?id=33937&course=1>

Horario de atención al alumnado: Cualquier día-hora previa petición / [Office hours:](#)

[Any days-hours upon request](#)

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

El objetivo fundamental del curso es profundizar en la relación existente entre el electromagnetismo y la teoría especial de la relatividad.

Después de un recordatorio en los Temas 1 y 2 de los contenidos importantes para el desarrollo del curso, aprendidos por el alumno en las asignaturas de Mecánica y Ondas y de Electromagnetismo, se desarrolla en el Tema 3 la relación íntima existente entre el electromagnetismo y la relatividad.

A partir de ahí, en el Tema 4 el alumno estudiará las colisiones entre partículas cargadas y como consecuencia los efectos de pérdida de energía y dispersión. Usará esos conocimientos para entender la dispersión elástica de partículas cargadas por átomos, así como el concepto de sección eficaz de dispersión.

En el Tema 5 se analizará con cierto detalle la radiación emitida por cargas aceleradas, lo que llevará al alumno a conocer los distintos tipos de aceleradores de partículas (lineales, circulares) y la radiación “sincrotrón”.

En el Tema 6 el alumno estudiará fenómenos asociados al movimiento de cargas a través de materia tales como la radiación de frenado, la radiación de transición y la radiación Cherenkov.

Por último, en los Temas 7 y 8 el alumno dedicará su tiempo a conocer la formulación tensorial de la electrodinámica lo que le llevará a la formulación del tensor del campo electromagnético y del tensor de energía-momento. En el camino



Asignatura: Electrodinámica Clásica
Código: 16420
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Física
Nivel: Grado
Tipo: Formación optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

aprenderá conceptos básicos tales como la formulación Lagrangiana de sistemas continuos, Teoría Clásica de Campos o el teorema de Noether. Todos estos conocimientos le serán muy útiles si por ejemplo en el futuro está interesado en conocer los conceptos de la Electrodinámica Cuántica o más en general de la Teoría Cuántica de Campos, así como de la Gravitación y la Cosmología.

A lo largo de cada tema se introducirán aplicaciones actuales de lo estudiado, como por ejemplo el problema de la materia oscura del Universo y su detección vía radiación, los rayos cósmicos, aceleradores sincrotrones, el acelerador de partículas LHC del CERN, detectores de partículas, etc.

1.12. Contenidos del programa / **Course contents**

1. Recordatorio de Mecánica / **Reminder of Mechanics**

- 1.1 Formalismo Lagrangiano
- 1.2 Relatividad especial

2. Recordatorio de Electromagnetismo / **Reminder of Electromagnetism**

- 2.1 Las ecuaciones de Maxwell
- 2.2 La ecuación de continuidad
- 2.3 Partículas cargadas en campos electromagnéticos; La fuerza de Lorentz
- 2.4 Formalismo Lagrangiano para la partícula cargada en un campo
- 2.5 Densidad y flujo de energía del campo electromagnético
- 2.6 Potencial escalar y potencial vector
- 2.7 Invariancia gauge
- 2.8 Ondas electromagnéticas
- 2.9 Partículas elementales y campos en relatividad especial

3. Relatividad y Electromagnetismo / **Relativity and Electromagnetism**

- 3.1 La transformación del campo electromagnético
- 3.2 El campo de una carga que se desplaza uniformemente
- 3.3 Fuerzas entre cargas en movimiento
- 3.4 El cuadrivector corriente
- 3.5 Invariancia Lorentz de las ecuaciones de Maxwell

4. Colisiones entre partículas cargadas; Pérdida de energía y dispersión/ **Collisions of charged particles; Energy loss and scattering**

- 4.1 Transferencia de energía en una colisión de Coulomb
- 4.2 Dispersión elástica de partículas cargadas por átomos. Sección eficaz de dispersión

5. Radiación emitida por cargas aceleradas / **Radiation emitted by accelerated charges**

- 5.1 Potenciales retardados de Liénard-Wiechert
- 5.2 Fórmula de Larmor y su generalización relativista
- 5.3 Aceleradores de partículas
- 5.4 Distribución angular de la radiación emitida por una carga acelerada



Asignatura: Electrodinámica Clásica
Código: 16420
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Física
Nivel: Grado
Tipo: Formación optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

- 5.5 Radiación Síncroton
- 5.6 Dispersión de Thomson de la radiación
- 5.7 Necesidad de una teoría cuántica de la electrodinámica

6. Radiación producida por cargas moviéndose a través de materia / [Radiation produced by charges passing through matter](#)

- 6.1 Radiación de frenado (Bremsstrahlung)
- 6.2 Radiación de transición
- 6.3 Radiación Cherenkov

7. Formulación covariante de la Electrodinámica / [Covariant formulation for the Electrodynamics](#)

- 7.1 Tensores en relatividad especial
- 7.2 Formulación covariante de la relatividad especial
- 7.3 El cuadvivector potencial del campo electromagnético
- 7.4 El tensor del campo electromagnético
- 7.5 Invariantes del campo
- 7.6 Las ecuaciones homogéneas de Maxwell

8. Formalismo Lagrangiano del campo electromagnético / [Lagrangian formalism for the electromagnetic field](#)

- 8.1 El Lagrangiano del campo electromagnético
- 8.2 Formalismo Lagrangiano para sistemas continuos
- 8.3 Las ecuaciones no homogéneas de Maxwell
- 8.4 El tensor de energía-momento
- 8.5 Tensor de energía-momento del campo electromagnético

1.13. Referencias de consulta / [Course bibliography](#)

Teoría

T.1 J.D. Jackson

“Classical Electrodynamics”, John Wiley & Sons, 3ª edición (inglesa), 1999,
“Electrodinámica Clásica”, Alhambra, 2ª edición (española), 1980

T.2 L.D. Landau & E.M. Lifshitz,

“The Classical Theory of Fields”, Pergamon Press, 4ª edición (inglesa), 1983
“Teoría Clásica de los Campos”, Reverté, 2ª edición (española), 1992

Bibliografía complementaria:

T.3 C.A. Braun

“Modern Problems in Classical Electrodynamics”, Oxford University Press, 2004

T.4 H.J.W. Muller-Kirsten

“Electrodynamics: An Introduction including Quantum Effects”, World Scientific, 2004

Problemas

P.1 J.I. Iñiguez, A. García, J.M. Muñoz & C. de Francisco

“Problemas de Electrodinámica Clásica”, Ediciones Universidad de Salamanca, 2002

P.2 Lim Yung-kuo (Editor)



Asignatura: Electrodinámica Clásica
Código: 16420
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Física
Nivel: Grado
Tipo: Formación optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

“Problems and Solutions on Electromagnetism”, World Scientific, 1993

P.3 V.V. Batiguin & I.N. Toptiguin

“Problemas de Electrodinámica y Teoría Especial de la Relatividad”, URSS, 1995

2. Métodos docentes / **Teaching methodology**

Se dará al alumno los apuntes de la asignatura preparados por el profesor o la bibliografía necesaria, con la explicación de los apartados que deben estudiar antes de las clases. Así mismo se darán hojas con problemas resueltos para profundizar en cada tema. A partir de ahí, habrá actividades presenciales que podrán ser de cuatro tipos:

- a) Clases de teoría donde el profesor expondrá las ideas claves de los apuntes o de la bibliografía y las discutirá con los alumnos.
- b) Clases de prácticas en aula donde el profesor discutirá con los alumnos sobre las soluciones expuestas en las hojas de problemas. Si queda tiempo, se resolverán conjuntamente nuevos problemas.
- c) Tutorías con todos los alumnos en el aula, donde éstos planteen al profesor las dudas que les puedan haber surgido durante el estudio diario. Al ser reuniones conjuntas, cada alumno se beneficiará de la resolución de las dudas que puedan tener los demás
- d) Seminarios sobre temas actuales relacionados con lo explicado en las clases de teoría. Por ejemplo, sobre el problema de la materia oscura del Universo y su detección vía radiación, los rayos cósmicos, el acelerador de partículas LHC del CERN, detectores de partículas, etc. Los seminarios serán impartidos por el profesor o por expertos en la materia.



Asignatura: Electrodinámica Clásica
Código: 16420
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Física
Nivel: Grado
Tipo: Formación optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

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

		Nº de horas	Porcentaje
Presencial	Clases de teoría (2 horas x 15 semanas)	30 h (20%)	40% (60 horas)
	Clases de prácticas en aula (1 hora x 15 semanas)	15 h (10%)	
	Tutorías conjuntas (1 hora cada 3 semanas de promedio)	5 h (3'3%)	
	Seminarios sobre temas actuales (1 hora cada 3 semanas de promedio)	5 h (3'3%)	
	Actividades de evaluación	5 h (3'3%)	
No presencial	Estudio semanal de teoría (3'5 horas x 15 semanas)	52'5 h (35%)	60% (90 horas)
	Estudio semanal de problemas (2 horas x 15 semanas)	30 h (20%)	
	Preparación de trabajos sobre los seminarios	7'5 h (5%)	
Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 6 ECTS		150 h	

4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / **Evaluation procedures and weight of components in the final grade**

En convocatoria ordinaria habrá actividades de evaluación de dos tipos:

Controles sobre la teoría explicada en clase y en los seminarios.

Un primer control será a mediados del curso (30% de la nota final) y otro segundo control al final del curso (40% de la nota final).

Resoluciones en clase de algunos de los problemas repartidos en las hojas

La resolución podrá ser de forma individual o en grupo y habrá una a mediados del curso (10% de la nota final) y otra a finales del curso (20% de la nota final).

El estudiante recibirá la calificación de “No Evaluado” si no se presenta a ninguno de los controles de teoría.



Asignatura: Electrodinámica Clásica
Código: 16420
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Física
Nivel: Grado
Tipo: Formación optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

Para la convocatoria extraordinaria, se guardará la nota obtenida en las resoluciones de problemas (30% de la nota final) y se realizará un único control sobre toda la teoría explicada en el curso (70% de la nota final).

El estudiante recibirá la calificación de “No Evaluado” si no se presenta al control de teoría.

5. Cronograma* / Course calendar

Semana Week	Contenido Contents	Horas presenciales Contact hours	Horas no presenciales Independent study time
1	Tema 1	4	6
2	Tema 2	4	6
3-4	Tema 3	4x2semanas=8	12
5	Tema 4	4	6
6-8	Tema 5	4x3semanas=12	18
9-10	Tema 6	4x2semanas=8	12
11-12	Tema 7	4x2semanas=8	12
13-15	Tema 8	4x3semanas=12	18

*Este cronograma tiene carácter orientativo