FICHA IDENTIFICATIVA

Datos de la Asignatura

Código	34267
Nombre	Electrodinámica Clásica
Ciclo	Grado
Créditos ECTS	4.5
Curso académico	2024 - 2025

Titulación(es)

Titulación	Centro	Curso	Periodo
1105 - Grado en Física	Facultad de Física	4	Primer cuatrimestre
1928 - Doble Grado en Física y Matemáticas	Doble Grado en Física y Matemáticas	5	Primer cuatrimestre
1929 - Doble Grado en Física y Química	Doble Grado en Física y Química	5	Primer cuatrimestre

Materias

Titulación	Materia	Carácter
1105 - Grado en Física	15 - Ampliación de Física	Obligatoria
1928 - Doble Grado en Física y Matemáticas	5 - Quinto Curso (Obligatorio)	Obligatoria
1929 - Doble Grado en Física y Química	5 - Quinto Curso (Obligatorio)	Obligatoria

Coordinación

Nombre	Departamento
GARRO MARTINEZ, NURIA	175 - Física Aplicada y Electromagnetismo
GIMENO MARTINEZ, BENITO	175 - Física Aplicada y Electromagnetismo

RESUMEN

La Electrodinámica Clásica estudia la interacción de los campos electromagnéticos con las cargas en movimiento, así como la radiación de las mismas, representando una continuación de la materia de tercer curso Electromagnetismo y de la materia de segundo curso Mecánica. Para cursar esta asignatura es también fundamental el haber superado todas las asignaturas de Matemáticas. El contenido de la Electrodinámica es fundamental para cursar otras asignaturas relacionadas con la física de partículas, astrofísica, física atómica y mecánica cuántica.

La asignatura tiene 4,5 créditos ECTS asignados, y su docencia está prevista en el primer cuatrimestre de cuarto curso.

La asignatura comienza con la introducción de los potenciales escalar y vector para el caso de variación temporal arbitraria, y las transformaciones de contraste o *gauge*, detallando los contrastes de Coulomb y Lorenz. La solución de las ecuaciones diferenciales de los potenciales nos permiten encontrar los potenciales retardados y los campos de radiación (ecuaciones de Jefimenko). Finalmente estudiaremos el desarrollo multipolar de una distribución de cargas y corrientes en el caso armónico, obteniendo los términos dipolar eléctrico, dipolar magnético y cuadrupolar eléctrico.

Seguiremos con el estudio de las transformaciones relativistas de los campos electromagnéticos. A la vista de estas transformaciones es posible explicar – en ciertos casos particulares - el magnetismo como un fenómeno relativista. Esto debe ser descrito en el seno de una formulación covariante para que sea coherente con la teoría de la relatividad especial. Se formularán las ecuaciones de Maxwell previa definición del tensor campo electromagnético.

A continuación la Electrodinámica Clásica estudiará el movimiento de partículas cargadas en el seno de un campo electromagnético. Comenzaremos por la deducción del lagrangiano de una carga relativista en un campo electromagnético y a continuación estudiaremos algunos casos de movimiento de cargas en el seno de varias configuraciones sencillas de campos eléctricos y magnéticos.

Finalmente se estudiará el fenómeno de la radiación electromagnética de cargas puntuales. Comenzando por la obtención de los potenciales de una carga en movimiento (potenciales de Liénard-Wiechert), se obtendrán las expresiones de los campos electromagnéticos radiados por una carga puntual en movimiento arbitrario. Seguidamente estudiaremos la radiación electromagnética de una carga que se mueve lentamente y relativistamente, encontrando las expresiones de la fórmula de Larmor para las dos situaciones. Como ejemplos de aplicación abordaremos el análisis de un acelerador lineal y un acelerador circular (radiación sincrotrón).

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Relación con otras asignaturas de la misma titulación

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

Otros tipos de requisitos

Para cursar esta asignatura es conveniente que los estudiantes hayan cursado previamente las siguientes materias: Física General, Mecánica, Electromagnetismo, Matemáticas, Métodos Matemáticos.

COMPETENCIAS (RD 1393/2007) // RESULTADOS DEL APRENDIZAJE (RD 822/2021)

1105 - Grado en Física

- Poseer y comprender los fundamentos de la Física en sus aspectos teóricos y experimentales, así como el bagaje matemático necesario para su formulación.
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la actividad profesional, saber resolver problemas y elaborar y defender argumentos, apoyándose en dichos conocimientos.
- Resolución de problemas: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una percepción de las situaciones que son físicamente diferentes pero que muestran analogías, permitiendo, por lo tanto, el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.
- Comprensión teórica de fenómenos físicos: tener una buena comprensión de las teorías Físicas más importantes (estructura lógica y matemática, apoyo experimental, fenómenos físicos descritos).
- Modelización y resolución de problemas: Ser capaz de identificar los elementos esenciales de un proceso/situación y de establecer un modelo de trabajo del mismo. Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable. Pensamiento crítico para construir modelos físicos.
- Cultura General en Física: Haberse familiarizado con las áreas más importantes de la Física y con enfoques que abarcan y relacionan diferentes áreas de la Física, así como relaciones de la Física con otras ciencias.
- Investigación básica y aplicada: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación Física, de las formas en que se lleva a cabo, y de cómo la investigación en Física es aplicable a muchos campos diferentes, por ejemplo la ingeniería; habilidad para diseñar procedimientos experimentales y/o teóricos para: (i) resolver los problemas corrientes en la investigación académica o industrial; (ii) mejorar los resultados existentes
- Destrezas generales y específicas en lenguas extranjeras: Haber mejorado el dominio del inglés (o de otra lengua extranjera de interés) a través de: acceso a bibliografía fundamental, comunicación oral y escrita (inglés científico-técnico), cursos, estudios en el extranjero, reconocimiento de créditos en universidades extranjeras etc.
- Búsqueda de bibliografía: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
- Capacidad de aprendizaje: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos de la Física y de la ciencia y tecnología en general, a través del estudio independiente.
- Comunicación oral y escrita: Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones mediante la argumentación y el razonamiento propios de la actividad científica, utilizando los conceptos y herramientas básicas de la Física.
- Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

- Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (RD 1393/2007) // SIN CONTENIDO (RD 822/2021)

• Manejar esquemas conceptuales básicos que surgen en la Electrodinámica, entendida como una asignatura donde se combinan las materias Mecánica y Electromagnetismo dentro de un entorno relativista: contrates de Coulumb y Lorenz, potenciales retardados, campos de radiación, desarrollo multipolar, formulación covariante, tensor campo electromagnético, movimiento de una partícula en un campo electromagnético, potenciales de Liénard-Wiechert, fórmula de Larmor, radiación sincrotrón.

• Entender el fenómeno de la radiación electromagnética desde dos puntos de vista diferentes: la radiación de distribuciones continuas de cargas y corrientes (antenas), y la radiación de partículas aceleradas. Comprender que ambas visiones responden a la misma realidad física.

• Estudiar el magnetismo como un fenómeno relativista. Comprender las transformaciones de los campos electromagnéticos en el contexto de la relatividad especial y dominar el uso de la formulación covariante.

• Estudiar el movimiento de una partícula relativista cargada en el seno de un campo electromagnético con formulación lagrangiana, analizando aplicaciones prácticas.

• Estudiar fenómenos asociados con la radiación de una carga acelerada. Resolver casos particulares de interés práctico para el mundo de la física de aceleradores, astrofísica, etc.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

1. Radiación electromagnética de fuentes extensas

Este primer tema del curso pretende ser un tema de transición entre la materia Electromagnetismo de tercer curso y la Electrodinámica Clásica, y podría estar ubicado en tercer curso. Comenzaremos por formular las ecuaciones de Maxwell en una región con cargas y corrientes, y generalizaremos la definición de los potenciales escalar eléctrico y vector magnético al caso de variación temporal arbitraria. Seguidamente estudiaremos las transformaciones de contraste o gauge, detallando los contrastes de Coulomb y Lorenz con todas sus propiedades. Seguidamente resolveremos la ecuación diferencial de ondas con fuentes bajo el contraste de Lorenz, encontrando las expresiones de los potenciales retardados, cuya derivación nos permitirá encontrar los campos eléctrico y magnético de

radiación (ecuaciones de Jefimenko). Finalmente estudiaremos el desarrollo multipolar de una distribución de cargas y corrientes en el caso armónico, obteniendo los términos dipolar eléctrico, dipolar magnético y cuadrupolar eléctrico.Seguidamente resolveremos la ecuación diferencial de ondas con fuentes bajo el contraste de Lorenz, encontrando las expresiones de los potenciales retardados, cuya derivación nos permitirá encontrar los campos eléctrico y magnético de radiación (ecuaciones de Jefimenko). Finalmente estudiaremos el desarrollo multipolar de una distribución de cargas y corrientes en el caso armónico, obteniendo los términos dipolar eléctrico, dipolar magnético y cuadrupolar eléctrico.

2. Formulación covariante del campo electromagnético

Este segundo tema está orientado al estudio de las transformaciones relativistas aplicadas a los campos electromagnéticos. Después de recordar las transformaciones de Lorentz (y la cinemática y dinámica relativistas), en el marco de una formulación covariante, introduciremos el tensor campo electromagnético que nos permite obtener de forma natural las transformaciones de los campos. Se formularán las ecuaciones de Maxwell en notación covariante, junto con los potenciales escalar y vector, explicando todas las propiedades.

3. Dinámica de partículas relativistas en campos electromagnéticos

En el tercer tema la Electrodinámica estudiará el movimiento de partículas cargadas en el seno de un campo electromagnético. Comenzando por la deducción del lagrangiano y del hamiltoniano de una carga relativista en un campo electromagnético, estudiaremos algunos casos particulares de movimiento de cargas en el seno de campos eléctricos y magnéticos.

4. Radiación electromagnética emitida por partículas cargadas

En el último tema se estudiará el fenómeno de la radiación electromagnética de cargas puntuales. Comenzando por la obtención de los potenciales de una carga en movimiento (potenciales de Liénard-Wiechert), se obtendrán las expresiones de los campos electromagnéticos radiados por una carga puntual en movimiento arbitrario. Seguidamente estudiaremos la radiación electromagnética de una carga que se mueve lentamente y relativistamente, encontrando las expresiones de la fórmula de Larmor para las dos situaciones. Como ejemplos de aplicación abordaremos el análisis de un acelerador lineal y un acelerador circular (radiación sincrotrón).

VOLUMEN DE TRABAJO

ACTIVIDAD	Horas	% Presencial
Clases de teoría	45,00	100
Elaboración de trabajos individuales	14,50	0
Preparación de actividades de evaluación	8,00	0
Preparación de clases de teoría	25,00	0
Resolución de casos prácticos	20,00	0
TOTAL	**112,50**	

METODOLOGÍA DOCENTE

La asignatura constará de dos tipos de clases con metodología diferenciada:

(a) Clases teóricas (2 horas/semana): En estas clases se impartirán los contenidos teóricos básicos de la asignatura, así como ejemplos prácticos y cuestiones que mejor los ilustren. Para incrementar la relación presentación/asimilación se podrán utilizar herramientas gráficas de presentación de contenidos, a través de transparencias de PowerPoint, incluyendo gráficas, dibujos, videos y animaciones, en combinación con discusiones/presentaciones en pizarra.

(b) Clases prácticas de pizarra (1 hora/semana): En estas clases se impartirán las clases de problemas. Para esta parte se proporcionará a los estudiantes un boletín completo con problemas de todos los temas. El profesor resolverá en la pizarra algunos problemas tipo por semana.

EVALUACIÓN

El sistema de evaluación constará de dos partes:

1. Un examen, de carácter obligatorio, que consistirá en la solución de un conjunto de preguntas de teoría, cuestiones y problemas. Para este examen podrán traer dos hojas (escritas por ambos lados) con las fórmulas más relevantes de la asignatura (sin demostraciones), que tendrán que entregar con el examen; también podrán emplear tablas de integrales, operadores diferenciales, etc.
2. Evaluación continua, de carácter optativo, que consistirá en la entrega de 3 o 4 problemas a lo largo del curso, que el profesor irá proporcionando a los estudiantes a medida que avance la asignatura.

Esta evaluación continua representa el 30% de la nota final, pero para ello se requiere que en el examen se hayan obtenido al menos 4 puntos (sobre 10).

REFERENCIAS

Básicas

- «Classical Electrodynamics», J. D. Jackson, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- «The Classical Theory of Fields», L. D. Landau and E. M. Lifshitz, 4th rev. ed., Elsevier, 2005.
- «Introduction to Electrodynamics», D. J. Griffiths, Ed. Pearson, 3rd ed., 2008.

Complementarias

- «Problemas de Electrodinámica Clásica», J. I. Íñiguez de la Torre, A. García Flores, J. M. Muñoz Muñoz, C. de Francisco Garrido, Ed. Universidad de Salamanca, 2002.
- «Problemes d'Electrodinàmia Clàssica», E. Bagan, Universitat Autònoma de Barcelona, 1998
- «Classical Electromagnetic Theory», J. Vanderlinde, John Wiley & Sons, Inc., 1993.
- «Electrodynamics of continuous media», L. D. Landau and E. M. Lifshitz, 2nd ed., Elsevier, 1999.
- «Interacción electromagnética. Teoría clásica», J. Costa Quintana, F. López Aguilar, Ed. Reverté, 2007.