

22-23

GRADO EN FÍSICA  
SEGUNDO CURSO

# GUÍA DE ESTUDIO COMPLETA



## ELECTROMAGNETISMO I

CÓDIGO 61042030

UNED

22-23

ELECTROMAGNETISMO I

CÓDIGO 61042030

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
PLAN DE TRABAJO  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
GLOSARIO

Nombre de la asignatura	ELECTROMAGNETISMO I
Código	61042030
Curso académico	2022/2023
Departamento	FÍSICA INTERDISCIPLINAR
Título en que se imparte	GRADO EN FÍSICA
Curso	SEGUNDO CURSO
Periodo	SEMESTRE 1
Tipo	OBLIGATORIAS
Nº ETCS	6
Horas	150.0
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

### Descriptores:

Campo electrostático en el vacío y en medios materiales. Problemas electrostáticos. Campo magnético en el vacío.

**Objetivo general:** Transmitir los conocimientos básicos relativos a los campos electromagnéticos estáticos.

### Objetivos concretos:

- Adquirir el concepto de carga, su medida y cuantificación.
- Adquirir el concepto de corriente eléctrica, su medida y cuantificación.
- Entender los concepto de *campo* y *líneas de campo* en el contexto del Electromagnetismo.
- Entender el proceso de interacción entre cargas y corrientes con los campos.
- Entender las relaciones básicas entre los campos y sus fuentes, predecesoras de las ecuaciones de Maxwell.
- Entender el mecanismo de interacción del campo eléctrico estático con la materia, asimilando la diferencia entre *dieléctricos* y *conductores*.
- Aprender a manejar las ecuaciones de Laplace y Poisson en los casos más sencillos.
- Conocer y desarrollar los métodos propios del Electromagnetismo para la resolución de problemas.

La asignatura se encuadra como la primera correspondiente a la materia principal

**Electromagnetismo y Óptica** dentro del Grado en Física. De los 36 créditos obligatorios de la materia, 6 corresponden a esta asignatura.

Esta asignatura es por tanto fundamental para entender globalmente la Física y sirve como base a otras asignaturas del Grado: el resto de asignaturas de la materia

**Electromagnetismo y Óptica**, *Técnicas Experimentales II* y las materias **Física Cuántica** y **Estructura de la Materia**.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Para abordar la asignatura con garantías de éxito son precisos conocimientos básicos de Matemáticas y de Física adquiridos en asignaturas previas.

**Matemáticas:** es conveniente haber superado las asignaturas de Matemáticas de primer curso de grado: *Álgebra*, *Análisis Matemático I y II* y *Métodos Matemáticos I*. Se recomiendan conocimientos extensos de cálculo vectorial diferencial e integral, aunque en el curso se proporciona formación al efecto.

**Física:** las asignaturas *Fundamentos de Física I y II*, especialmente en los temas relativos a Electricidad y Magnetismo.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

MANUEL PANCORBO CASTRO (Coordinador de asignatura)  
mpancorbo@ccia.uned.es  
91398-7187  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICA INTERDISCIPLINAR

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

MIKEL SANZ MONASTERIO  
mikelsanz@ccia.uned.es  
913989028  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICA INTERDISCIPLINAR

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Las labores de tutorización y seguimiento se harán principalmente a través de las herramientas de comunicación del Curso virtual (Correo y Foros de debate).

Se recuerda que los Foros son herramientas cuya finalidad principal es estimular el debate académico entre los estudiantes, por lo cual la respuesta de los profesores en los Foros no será inmediata, de manera que exista un lapso de tiempo para el mencionado debate. Por descontado, los posibles errores de los estudiantes en dicho debate nunca influirán negativamente en las calificaciones.

Además, los estudiantes podrán siempre entrar en contacto con los profesores de la asignatura por medio de correo electrónico, teléfono o entrevista personal en las siguientes coordenadas:

•**D. Mikel Sanz Monasterio**

Correo: mikelsanz@ccia.uned.es

Horario: Martes, de 10h a 14h

Despacho: 023 (Centro Asociado de Las Rozas).

Avda. Esparta s/n - 28232 Las Rozas

**•D. Manuel Pancorbo Castro**

Correo: mpancorbo@ccia.uned.es

Horario: Martes, de 11h a 13h y de 16h a 18h

Despacho: 009 (Centro Asociado de Las Rozas).

Avda. Esparta s/n - 28232 Las Rozas

## TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

•**Tutorías de centro o presenciales:** se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.

•**Tutorías campus/intercampus:** se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 61042030

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### Competencias genéricas

CG001 Capacidad de análisis y síntesis.

CG002 Capacidad de organización y planificación.

CG003 Comunicación oral y escrita en la lengua nativa.

CG005 Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio.

CG006 Capacidad de gestión de información.

CG007 Resolución de problemas.

CG009 Razonamiento crítico.

CG010 Aprendizaje autónomo.

### Competencias específicas

CE001 Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes: su estructura lógica y matemática, su soporte experimental y los fenómenos que describen; en especial, tener un buen conocimiento de los fundamentos de la física moderna.

CE002 Saber combinar los diferentes modos de aproximación a un mismo fenómeno u objeto de estudio a través de teorías pertenecientes a áreas diferentes.

CE003 Tener una idea de cómo surgieron las ideas y los descubrimientos físicos más importantes, cómo han evolucionado y cómo han influido en el pensamiento y en el entorno natural y social de las personas.

CE004 Ser capaz de identificar las analogías en la formulación matemática de problemas físicamente diferentes, permitiendo así el uso de soluciones conocidas en nuevos problemas.

CE005 Ser capaz de entender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados, y de realizar cálculos de forma independiente, incluyendo cálculos numéricos que requieran el uso de un ordenador y el desarrollo de programas de

software.

CE007 Ser capaz de identificar los principios físicos esenciales que intervienen en un fenómeno y hacer un modelo matemático del mismo; ser capaz de hacer estimaciones de órdenes de magnitud y, en consecuencia, hacer aproximaciones razonables que permitan simplificar el modelo sin perder los aspectos esenciales del mismo.

CE008 Ser capaz de adaptar modelos ya conocidos a nuevos datos experimentales.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El estudio de esta asignatura dotará al alumno de las siguientes capacidades y destrezas:

- Dominar la descripción básica de la creación de campos electromagnéticos por cargas y corrientes, y de la acción de los campos sobre las cargas.
- Conocer cómo se comportan los medios materiales en presencia de campos eléctricos y magnéticos estáticos.

## CONTENIDOS

### TEMA 1. Campo eléctrico

**Descriptor:** Carga eléctrica. Ley de Coulomb. Campo eléctrico. Agrupaciones de carga: Principio de superposición. Circulación del campo eléctrico: Rotacional. Potencial electrostático. Gradiente de un potencial. Potencial debido a un conjunto de cargas. Conductores. Teorema de Gauss: Aplicaciones.

**Contenidos Concretos:** En este tema se inicia el desarrollo de la teoría del campo electromagnético que, definida de forma sencilla, consiste en el estudio de las interacciones entre cargas eléctricas en reposo y/o movimiento.

Partiremos nuestro estudio del concepto de carga eléctrica y se describirán las propiedades constatadas experimentalmente. A saber, la existencia de dos tipos de cargas, positivas y negativas; la conservación de la carga neta en un sistema aislado que nos permitirá enunciar el principio de conservación de la carga eléctrica; y la naturaleza discreta de la carga de la que se deriva el principio de cuantificación.

A continuación se describirán las diferentes distribuciones de carga posibles: discretas y continuas. Las discretas se representan mediante el concepto de carga puntual y las continuas se describen mediante densidades de carga, volumétrica, superficial y lineal. Una vez llegados a este punto, se enunciará la Ley de Coulomb como la ley que gobierna la interacción entre cargas eléctricas en reposo. Basados en esta ley diremos que las cargas eléctricas producen una perturbación en la región del espacio que las rodea y que llamaremos Campo Eléctrico. Y veremos cómo se representa el campo eléctrico gráficamente mediante las líneas de campo.

Por último, a partir de una distribución discreta de cargas puntuales y aplicando el principio de superposición, se obtendrá el campo eléctrico producido por la misma. Y, exactamente igual, se obtendrá el campo eléctrico producido por distribuciones continuas de carga.

Una vez establecidas las bases, se analizarán las propiedades del campo electrostático. Para ello, partiendo del campo eléctrico, estudiaremos la circulación y el flujo del campo eléctrico. La primera nos permite introducir el concepto de diferencia de potencial entre dos puntos y una de las propiedades más importantes que caracteriza al campo eléctrico: su carácter conservativo, o lo que es igual, que la circulación a lo largo de un camino cerrado es nula. A través del teorema de Stokes, derivaremos la expresión diferencial que pone de manifiesto el carácter conservativo del campo eléctrico.

A continuación, eligiendo el infinito como referencia de potenciales, podremos definir de un lado, una función escalar asociada al campo eléctrico que denominamos potencial electrostático, y de otro lado, la función energía potencial que nos da la energía de una carga en presencia de un campo eléctrico.

Una vez definido el potencial, se introducirá el concepto superficies equipotenciales y analizaremos la relación entre las líneas de campo eléctrico y superficies equipotenciales. También se deriva la relación diferencial entre el potencial y el campo eléctrico a través del gradiente. De nuevo, aplicando el principio de superposición, obtendremos las expresiones integrales para el potencial debido a una distribución discreta y continua de cargas.

En este punto es conveniente definir los materiales conductores como cuerpos que poseen cargas eléctricas libres y caracterizarlos desde el punto de vista eléctrico.

Para terminar el tema, analizaremos otra de las propiedades importantes del campo eléctrico: el valor del flujo a través de una superficie cerrada que viene dado por el Teorema de Gauss. Y estudiaremos las aplicaciones de dicho teorema para el cálculo del campo eléctrico cuando se dan ciertas condiciones de simetría.

Por último, obtendremos la forma diferencial del Teorema de Gauss que nos permitirá derivar la ecuación diferencial para el potencial electrostático.

**Materiales para el estudio:** El material para el estudio de este tema se encuentra en los capítulos 2 y 3 del texto básico. Como material complementario se recomiendan los minivideos elaborados por el equipo docente que se encuentran en el curso virtual. Como materiales complementarios en lo que se refiere a la resolución de problemas pueden ser utilizados los textos de problemas resueltos recomendados en la bibliografía.

**Orientaciones concretas:** Todos los contenidos de los capítulos se consideran fundamentales puesto que constituyen la base indispensable para el estudio del campo electrostático y sus propiedades en el vacío.

- Se debe hacer especial hincapié en la comprensión y aplicación del Principio de Superposición.

- Se recomienda resolver los ejemplos resueltos que se encuentra en el libro a lo largo del desarrollo de los capítulos.
- Se recomienda intentar resolver los siguientes ejercicios: 2.1, 2.3, 2.4, 2.8, 3.3, 3.8, 3.13, 3.25 y 3.26

## TEMA 2. Dipolos y multipolos

**Descriptor:** Dipolo eléctrico: Campo y potencial. Potencial debido a una distribución de carga: Momentos multipolares.

**Contenidos Concretos:** El objetivo de esta lección es el estudio de los potenciales debidos a distribuciones de carga lejanas y su expresión en función de momentos multipolares. Para ello, comenzaremos introduciendo el concepto de dipolo eléctrico que caracterizaremos mediante una magnitud vectorial denominada momento dipolar. Obtendremos el potencial y el campo eléctrico producidos por este sistema y, también, como medida de interacción con un campo eléctrico externo, la energía de un dipolo en dicho campo.

A continuación, partiendo de una distribución continua de cargas, haremos el desarrollo en serie del potencial electrostático debido a la misma, en puntos lejanos. Obtendremos los términos más significativos de dicho desarrollo que son: el término monopolar, a partir del cual se define el momento monopolar de la distribución de carga; el término dipolar que permitirá definir el momento dipolar de la distribución; y por último, el término cuadripolar a partir del cual definiremos el momento cuadripolar de la distribución.

Por último se analizará cómo afecta un cambio de origen en el cálculo de los momentos dipolar y cuadripolar.

**Materiales para el estudio:** El material para el estudio de este tema se encuentra en el capítulo 4 del texto básico. Como materiales complementarios en lo que se refiere a la resolución de problemas pueden ser utilizados los textos de problemas resueltos recomendados en la bibliografía

**Orientaciones concretas:** Todos los contenidos del capítulo se consideran fundamentales puesto que, como veremos, serán necesarios para abordar el estudio del campo electrostático en medios materiales.

- Se recomienda resolver los ejemplos resueltos que se encuentra en el libro a lo largo del desarrollo de los capítulos.
- Se recomienda intentar resolver los siguientes ejercicios: 4.3, 4.4, 4.10 y 4.13



### TEMA 3. Dieléctricos

**Descriptor:** Polarización eléctrica. Campo y potencial debido a un material polarizado. Vector desplazamiento. Susceptibilidad y permitividad eléctrica. Clases de dieléctricos. Ruptura en dieléctricos. Condiciones en los límites.

**Contenidos Concretos:** Este tema aborda el estudio de los materiales dieléctricos, sus características y comportamiento en presencia de un campo electrostático. Se iniciará, por tanto, por la definición de dieléctrico y se analizará la organización dipolar de estos materiales, tanto los constituidos por moléculas no polares, como los constituidos por moléculas polares. En los primeros se crean dipolos inducidos y en los segundos los dipolos existentes se orientan en presencia de un campo eléctrico.

El paso siguiente es la caracterización de un material dieléctrico mediante una magnitud vectorial que es el momento dipolar por unidad de volumen: **La polarización eléctrica**. A continuación, se obtendrá el potencial y el campo producido por un dieléctrico polarizado, que nos conducirá al establecimiento de los conceptos de **densidades de carga de polarización**, tanto volumétrica como superficial.

Completaremos la caracterización del campo eléctrico en presencia de dieléctricos con la aplicación del teorema de Gauss en presencia de dieléctricos que nos conducirá a la definición del **vector Desplazamiento Eléctrico**.

Analizando la respuesta de un dieléctrico a un campo eléctrico externo, estableceremos la dependencia de la polarización con el campo eléctrico a través la **susceptibilidad eléctrica**, Así como la relación entre el vector desplazamiento eléctrico y el campo eléctrico mediante la **permitividad dieléctrica**. Estas magnitudes nos permitirán clasificar los dieléctricos atendiendo al comportamiento de la polarización en función del campo eléctrico.

Para terminar, a partir de la forma diferencial del Teorema de Gauss, las nuevas magnitudes vectoriales definidas y las relaciones entre las mismas, se establecerán las condiciones en los límites para el potencial y los vectores de campo, tanto en dieléctricos como en conductores.

**Materiales para el estudio:** El material para el estudio de este tema se encuentra en el capítulo 5 del texto básico. Como material complementario se recomiendan los minivideos elaborados por el equipo docente que se encuentran en el curso virtual sobre condiciones en los límites. Como materiales complementarios en lo que se refiere a la resolución de problemas pueden ser utilizados los textos de problemas resueltos recomendados en la bibliografía

**Orientaciones concretas:** Todos los contenidos del capítulo se consideran fundamentales el estudio del campo electrostático en medios materiales.

- Se debe hacer especial hincapié en la comprensión y aplicación del Teorema de Gauss para dieléctricos y en las condiciones en los límites.

- Se recomienda resolver los ejemplos resueltos que se encuentra en el libro a lo largo del desarrollo de los capítulos.
- Se recomienda intentar resolver los siguientes ejercicios: 5.1, 5.4, 5.7, 5.10 y 5.15

#### TEMA 4. Sistemas de conductores

**Descriptores:** Características de un conductor. Sistemas de conductores. Coeficientes de potencial. Coeficientes de capacidad e influencia. Condensadores. Asociación de condensadores.

**Contenidos Concretos:** En el tema 4 se profundiza en el estudio del comportamiento eléctrico de los conductores. Recordaremos que el campo eléctrico es nulo en el interior y que los conductores son superficies equipotenciales. Se describirá el efecto de apantallamiento y la propiedad de los conductores de almacenar carga eléctrica. Veremos que cuando ocurre esto, la carga se sitúa en la superficie y por tanto, el campo eléctrico será normal a la misma.

Por la propiedad de almacenar carga eléctrica, los conductores se denominan también capacitores, y se definirá **la capacidad** como la relación entre la carga almacenada y el potencial adquirido.

A continuación se extenderá el estudio a los sistemas de conductores definiendo tanto los coeficientes de potencial como los coeficientes de capacidad e influencia.

Por último, se abordará un sistema de conductores especial, el **condensador**. Definiremos la capacidad de un condensador y la capacidad equivalente de una asociación de condensadores en serio y en paralelo. Se obtendrán las capacidades de condensadores planoparalelos, cilíndricos y esféricos.

**Materiales para el estudio:** El material para el estudio de este tema se encuentra en el capítulo 6 del texto básico. Como material complementario se recomiendan los minivideos elaborados por el equipo docente que se encuentran en el curso virtual sobre conductores. Como materiales complementarios en lo que se refiere a la resolución de problemas pueden ser utilizados los textos de problemas resueltos recomendados en la bibliografía

**Orientaciones concretas:** Todos los contenidos del capítulo se consideran fundamentales

- Se debe hacer especial hincapié en la comprensión del cálculo de la capacidad de distintos condensadores..
- Se recomienda resolver los ejemplos resueltos que se encuentra en el libro a lo largo del desarrollo de los capítulos.
- Se recomienda intentar resolver los siguientes ejercicios: 6.4, 6.6, 6.9, 6.13 y 6.14

## TEMA 5. Energía electrostática

**Descriptores:** Energía electrostática de un sistema de cargas puntuales. Energía electrostática de una distribución continua de cargas. Energía electrostática de un sistema de conductores cargados. Energía electrostática en función de los vectores de campo. Fuerza electrostática. Presión electrostática.

**Contenidos Concretos:** El objetivo de este tema es el estudio de la energía electrostática. Comenzaremos, por tanto, definiendo el concepto de energía electrostática. A continuación se obtendrán las expresiones de la energía para: un sistema de cargas puntuales; una distribución continua de carga; un sistema de conductores y, en particular, para un condensador; y por último, la expresión de la energía en función de los vectores de campo. Seguidamente, recurriremos al principio de conservación de la energía para calcular la fuerza electrostática, fuerza sobre un conductor cargado, así como el momento de un par de fuerzas.

Terminaremos con la definición de presión electrostática sobre un conductor cargado y aislado en función de los vectores de campo

**Materiales para el estudio:** El material para el estudio de este tema se encuentra en el capítulo 7 del texto básico. Como materiales complementarios en lo que se refiere a la resolución de problemas pueden ser utilizados los textos de problemas resueltos recomendados en la bibliografía

**Orientaciones concretas:** Todos los contenidos del capítulo se consideran fundamentales para comprender y aplicar el concepto de energía electrostática.

- Se debe hacer especial hincapié en la comprensión del cálculo de la fuerza electrostática en sistemas aislados y en sistemas no aislados.
- Se recomienda resolver los ejemplos resueltos que se encuentra en el libro a lo largo del desarrollo de los capítulos.
- Se recomienda intentar resolver los siguientes ejercicios: 7.2, 7.4, 7.5 7.7, 7.9, 7.12, 7.13 y 7.16

## TEMA 6. Problemas electrostáticos: Ecuaciones de Laplace y Poisson.

**Descriptores:** Teorema de unicidad. Solución de problemas electrostáticos por el método de imágenes. Método de separación de variables. Coordenadas cartesianas. Solución de problemas unidimensionales en coordenadas cilíndricas y esféricas. Métodos numéricos.

**Contenidos Concretos:** El objetivo de este tema es la resolución de problemas electrostáticos en los casos en que intervienen conductores con unas condiciones de frontera determinadas por su carga o potencial. Para ello se desarrollarán métodos de

resolución de la ecuación de Laplace o la de Poisson.

Teniendo en cuenta este objetivo, empezaremos obteniendo las ecuaciones para el potencial electrostático, ecuaciones de Laplace y Poisson, en los tres sistemas coordenados.

A continuación se establecerá el Teorema de Unicidad y se desarrollará el **método de las imágenes** para la resolución de problemas de cargas en presencia de contornos y que se basa en el teorema anterior. Se analizarán los distintos casos que se resuelven mediante este método. A saber: carga frente a plano conductor; carga frente a planos que forman un ángulo; carga y esfera conductora; línea y plano conductor; y línea y cilindro conductor.

Continuaremos la resolución de problemas electrostáticos en esta lección desarrollando el **método de separación de variables** para la resolución de la ecuación de Laplace. Este desarrollo se hará en los tres sistemas coordenados: cartesianas, cilíndricas y esféricas. Finalmente, analizaremos algunos casos de resolución de la ecuación de Poisson.

**Materiales para el estudio:** El material para el estudio de este tema se encuentra en los capítulos 8 y 9 del texto básico. Como materiales complementarios en lo que se refiere a la resolución de problemas pueden ser utilizados los textos de problemas resueltos recomendados en la bibliografía

**Orientaciones concretas:** Todos los contenidos de los capítulos se consideran fundamentales **salvo el 9.5 que se recomienda leer**.

- Se debe hacer especial hincapié en la comprensión y aplicación del método de las imágenes
- Se recomienda resolver los ejemplos resueltos que se encuentra en el libro a lo largo del desarrollo de los capítulos.
- Se recomienda intentar resolver los siguientes ejercicios: 8.1, 8.4, 8.5, 8.7, 8.9, 9.2, 9.3, 9.6, 9.8, 9.10, 9.16 y 9.18

## TEMA 7. Corriente eléctrica

**Descriptores:** Corriente y densidad de corriente eléctrica. Ecuación de continuidad: primera ley de Kirchhoff. Ley de Ohm: resistencia de un conductor. Ley de Joule. Condiciones en los límites. Resistencia y capacidad. Tiempo de relajación. Fuerza electro-motriz.

**Contenidos Concretos:** En los temas anteriores hemos estudiado los campos derivados de cargas estáticas. Ahora nos proponemos estudiar los fenómenos más importantes que tienen lugar cuando las cargas se mueven de manera uniforme.

Comenzaremos introduciendo los conceptos de **intensidad** y **densidad de corriente** y describiendo los distintos tipos de corriente eléctrica. Aplicaremos el principio de conservación de la carga para obtener **la ecuación de continuidad**, que particularizaremos para corrientes estacionarias. A partir de la ecuación de continuidad, se deducen las

condiciones en los límites para el vector densidad de corriente.

Continuaremos el estudio para corrientes estacionarias y estableceremos todas las leyes que gobiernan el comportamiento de conductores, generadores y circuitos. Así, teniendo en cuenta el principio de conservación de la carga enunciaremos **la 1ª ley de Kirchhoff**. A continuación, la **ley de Ohm** que nos permitirá introducir el concepto de **resistencia eléctrica** y el de **conductividad eléctrica** a través de la forma puntual de dicha ley. Resultará interesante en este punto, obtener las expresiones generales para **la resistencia** y la **capacidad** de un conductor en función de los vectores de campo y su relación mutua. Y también, estudiar el **tiempo de relajación** que es una medida de la rapidez de distribución de cargas en un conductor.

Volviendo al eje principal del desarrollo, concluimos el estudio de la corriente eléctrica con el análisis energético mediante la **Ley de Joule**, el concepto de **fuerza electromotriz** y, teniendo en cuenta el principio de conservación de la energía, **la 2ª ley de Kirchhoff**.

**Materiales para el estudio:** El material para el estudio de este tema se encuentra en el capítulo 10 del texto básico. Como materiales complementarios en lo que se refiere a la resolución de problemas pueden ser utilizados los textos de problemas resueltos recomendados en la bibliografía.

**Orientaciones concretas:** Todos los contenidos del capítulo se consideran fundamentales para comprender y aplicar el concepto de corriente eléctrica.

- Se recomienda resolver los ejemplos resueltos que se encuentra en el libro a lo largo del desarrollo de los capítulos.
- Se recomienda intentar resolver los siguientes ejercicios: 10.4, 10.8, 10.9 y 10.22

## TEMA 8. Campo magnético

**Descriptores:** Experimento de Oersted. Ley de Biot y Savart. Campo debido a una carga en movimiento. Ley de Ampère. Fuerza de Lorentz. Fuerza sobre una corriente. Teorema del flujo B: Forma integral y diferencial. Teorema de la circulación: Forma integral y diferencial. Potencial vector magnético. Condiciones en los límites.

**Contenidos Concretos:** El objetivo de este tema es el estudio del campo magnético creado por corrientes estacionarias y cargas en movimiento, la fuerza que ejerce el campo sobre corrientes y cargas en movimiento y las propiedades del campo magnético.

Partiremos de las corrientes uniformes, analizaremos el experimento de Oersted y estableceremos la **ley de Biot y Savart** que nos permitirá definir el campo magnético producido por una corriente uniforme. Obtendremos el campo magnético producido por corrientes filamentosas, por distribuciones de corriente genéricas y el producido por una carga en movimiento.

A continuación estudiaremos las interacciones entre corrientes lo cual nos llevará a enunciar la **ley de fuerzas de Ampère**. Aplicaremos esta ley al estudio de la fuerza entre corrientes paralelas y esto nos permitirá establecer el amperio como unidad de corriente.

Después, y teniendo en cuenta que una carga en movimiento es una corriente elemental, analizaremos la fuerza que ejerce un campo magnético sobre dicha corriente elemental. Además, si consideramos la existencia de un campo eléctrico, podremos definir la Fuerza de Lorentz que es la fuerza sobre una carga en presencia de un campo electromagnético.

Para terminar, se analizará la fuerza magnética sobre una corriente en presencia de un campo magnético así como el par de fuerzas sobre un circuito.

Para abordar el estudio de las propiedades del campo magnético, igual que hicimos en electrostática, analizaremos la circulación y el flujo del vector de campo.

Demostraremos que el flujo del campo magnético a través de una superficie cerrada es siempre nulo, es decir, se trata de un campo solenoidal. Y obtendremos la expresión diferencial de este teorema.

En cuanto a la circulación, el Teorema de Ampère nos informará sobre el valor de la circulación del campo magnético sobre un circuito cerrado. También estudiaremos las aplicaciones de dicho teorema para el cálculo del campo magnético cuando se dan ciertas condiciones de simetría.

La forma diferencial del teorema de Ampère se obtendrá aplicando el teorema de Stokes y constituye una de las ecuaciones fundamentales del electromagnetismo.

Teniendo en cuenta las dos propiedades del campo magnético, se definirá un potencial vector magnético del cual se deriva el campo magnético a través del rotacional. A partir de esta relación, se obtendrán las expresiones integrales del potencial vector debido a distribuciones de corriente volumétricas, superficiales y filamentosas.

Finalmente, a partir de las propiedades estudiadas para el potencial vector y el campo magnético, estableceremos las condiciones en los límites para ambos vectores de campo.

**Materiales para el estudio:** El material para el estudio de este tema se encuentra en los capítulos 11 y 12 del texto básico. Como materiales complementarios en lo que se refiere a la resolución de problemas pueden ser utilizados los textos de problemas resueltos recomendados en la bibliografía

**Orientaciones concretas:** Todos los contenidos de los capítulos se consideran fundamentales puesto que constituyen la base indispensable para el estudio del campo magnetostático y sus propiedades en el vacío.

- Se recomienda resolver los ejemplos resueltos que se encuentra en el libro a lo largo del desarrollo de los capítulos.
- Se recomienda intentar resolver los siguientes ejercicios: 11.3, 11.10, 11.14, 11.16, 12.5, 12.13, 12.21 y 12.19

## METODOLOGÍA

La docencia se impartirá principalmente a través de un curso virtual dentro de la plataforma educativa de la UNED. Dentro del curso virtual los estudiantes dispondrán de:

- Plan de trabajo donde se da la bienvenida y se estructura el curso según el programa de contenidos.
  - Guía de estudio, donde se establece el orden temporal de actividades y sugerencias sobre el reparto temporal de la materia, para que el estudiante lo adapte a su disponibilidad y necesidades. También se dan orientaciones sobre la forma de abordar el estudio de cada tema.
  - Materiales. El alumno dispondrá de materiales complementarios al curso:
  - Programas de simulación para ilustrar algunos aspectos de la teoría
  - Cuestiones de repaso de cada tema
  - Herramientas de comunicación:
  - Foros de debate, donde se intercambian conocimientos y se resuelven dudas de tipo conceptual o práctico.
  - Plataforma de entrega de los problemas de evaluación continua y herramientas de calificación.
  - Correo, para la consulta personal de cuestiones particulares del alumno.
  - Actividades y trabajos:
  - Participación en los foros de debate.
  - Actividades de autoevaluación.
  - Pruebas de evaluación continua propuestos por el equipo docente a lo largo del curso.
- Fuera del curso virtual el estudiante también tendrá acceso a realizar consultas al equipo docente a través del correo, teléfono y presencialmente en los horarios establecidos para estas actividades.

## PLAN DE TRABAJO

En el cómputo de horas se incluyen el tiempo dedicado a las horas lectivas, horas de estudio, tutorías, seminarios, trabajos, prácticas o proyectos, así como las exigidas para la preparación y realización de exámenes y evaluaciones.

TEMA: 1.1. Campo eléctrico - 6 Horas

- Lectura y asimilación de los conceptos relativos al tema
- Asistencia a la tutoría intercampus relativa al tema

**TEMA: 1.2. Campo eléctrico - 10 Horas**

Actividades:

- Analizar las simulaciones del curso virtual
- Contestar las cuestiones relativas al tema en el curso virtual
- Resolver los ejercicios autoevaluación
- Resolver los ejercicios propuestos en el texto base al final de cada tema
- Participar en los foros para plantear/resolver dudas

**TEMA: 2.1. Dipolos y multipolos - 4 Horas**

- Lectura y asimilación de los conceptos relativos al tema
- Asistencia a la tutoría intercampus relativa al tema

**TEMA: 2.2. Dipolos y multipolos - 8 Horas**

Actividades:

- Analizar las simulaciones del curso virtual
- Contestar las cuestiones relativas al tema en el curso virtual
- Resolver los ejercicios autoevaluación
- Resolver los ejercicios propuestos en el texto base al final de cada tema
- Participar en los foros para plantear/resolver dudas

**TEMA: 3.1. Dieléctricos - 8 Horas**

- Lectura y asimilación de los conceptos relativos al tema
- Asistencia a la tutoría intercampus relativa al tema

**TEMA: 3.2. Dieléctricos - 12 Horas**

Actividades:

- Analizar las simulaciones del curso virtual
- Contestar las cuestiones relativas al tema en el curso virtual
- Resolver los ejercicios autoevaluación
- Resolver los ejercicios propuestos en el texto base al final de cada tema
- Participar en los foros para plantear/resolver dudas

**TEMA: 4.1. Sistemas de conductores - 6 Horas**

- Lectura y asimilación de los conceptos relativos al tema
- Asistencia a la tutoría intercampus relativa al tema



**TEMA: 4.2. Sistemas de conductores - 10 Horas**

Actividades:

- Analizar las simulaciones del curso virtual
- Contestar las cuestiones relativas al tema en el curso virtual
- Resolver los ejercicios autoevaluación
- Resolver los ejercicios propuestos en el texto base al final de cada tema
- Participar en los foros para plantear/resolver dudas

**PEC: 1ª Prueba de evaluación continua - 5 Horas**

Conjunto de ejercicios y problemas sobre los temas 1-4 de la asignatura, que el estudiante realiza en casa.

**TEMA: 5.1. Energía electrostática - 7 Horas**

- Lectura y asimilación de los conceptos relativos al tema
- Asistencia a la tutoría intercampus relativa al tema

**TEMA: 5.2. Energía electrostática - 11 Horas**

Actividades:

- Analizar las simulaciones del curso virtual
- Contestar las cuestiones relativas al tema en el curso virtual
- Resolver los ejercicios autoevaluación
- Resolver los ejercicios propuestos en el texto base al final de cada tema
- Participar en los foros para plantear/resolver dudas

**TEMA: 6.1. Problemas electrostáticos: Ecuaciones de Laplace y Poisson - 8 Horas**

- Lectura y asimilación de los conceptos relativos al tema
- Asistencia a la tutoría intercampus relativa al tema

**TEMA: 6.2. Problemas electrostáticos: Ecuaciones de Laplace y Poisson - 12 Horas**

Actividades:

- Analizar las simulaciones del curso virtual
- Contestar las cuestiones relativas al tema en el curso virtual
- Resolver los ejercicios autoevaluación
- Resolver los ejercicios propuestos en el texto base al final de cada tema

- Participar en los foros para plantear/resolver dudas

#### TEMA: 7.1. Corriente eléctrica - 6 Horas

- Lectura y asimilación de los conceptos relativos al tema
- Asistencia a la tutoría intercampus relativa al tema

#### TEMA: 7.2. Corriente eléctrica - 10 Horas

Actividades:

- Analizar las simulaciones del curso virtual
- Contestar las cuestiones relativas al tema en el curso virtual
- Resolver los ejercicios autoevaluación
- Resolver los ejercicios propuestos en el texto base al final de cada tema
- Participar en los foros para plantear/resolver dudas

#### TEMA: 8.1. Campo magnético - 8 Horas

- Lectura y asimilación de los conceptos relativos al tema
- Asistencia a la tutoría intercampus relativa al tema

#### TEMA: 8.2. Campo magnético - 12 Horas

Actividades:

- Analizar las simulaciones del curso virtual
- Contestar las cuestiones relativas al tema en el curso virtual
- Resolver los ejercicios autoevaluación
- Resolver los ejercicios propuestos en el texto base al final de cada tema
- Participar en los foros para plantear/resolver dudas

#### PEC: 2ª Prueba de evaluación continua - 5 Horas

Conjunto de ejercicios y problemas sobre los temas 5-8 de la asignatura, que el estudiante realiza en casa.

#### PRUEBA PRESENCIAL: 2 horas

**Total Horas ECTS introducidas aquí : 150**

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen Examen de desarrollo

Preguntas desarrollo

Duración del examen 120 (minutos)

Material permitido en el examen

Calculadora no programable.

Criterios de evaluación

Se valorarán los pasos correctos encaminados a la resolución de cada cuestión/ejercicio así como la claridad de la exposición.

% del examen sobre la nota final 80

Nota del examen para aprobar sin PEC 5

Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC 10

Nota mínima en el examen para sumar la PEC 4

Comentarios y observaciones

Los estudiantes realizarán la prueba presencial según el sistema general de Pruebas Presenciales de la UNED. La prueba tiene una duración de dos horas, y consta de varias cuestiones y problemas teórico/prácticos relativos a todos los temas del programa.

**Nota: el proceso de revisión de las calificaciones de las pruebas presenciales, dispuesto en el artículo 44.7 de los Estatutos de la UNED, seguirá las directrices establecidas por el Consejo de Gobierno.**

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si

Descripción

Habrán dos Pruebas de Evaluación Continua (PECs) voluntarias consistentes en un conjunto de cuestiones y ejercicios similares a aquellos en los que consiste la prueba presencial y que se entregarán a través de la plataforma Alf.

**El estudiante podrá realizar la 1ª PEC sin que ello le obligue a seguir esta modalidad. La realización de la 2ª PEC implicará la elección irreversible de la modalidad de evaluación continua.**

**No se admitirán PECs manuscritas y escaneadas. Las pruebas han de realizarse con un procesador de textos que permita la exportación a PDF. La página de declaración de autoría se podrá firmar de forma manuscrita, tras lo cual habrá de ser escaneada y adjuntada al documento principal.**

Criterios de evaluación

Se valorarán los pasos correctos encaminados a la resolución de cada cuestión/ejercicio así como la claridad de la exposición.

Ponderación de la PEC en la nota final 20

Fecha aproximada de entrega  
Comentarios y observaciones

PEC1/14/11/2022 PEC2/14/01/2023

### OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si

Descripción

**Test General de Electromagnetismo I.** Prueba objetiva calificable **voluntaria** que se realizará al menos una semana antes del inicio de las Pruebas Presenciales a través de la herramienta Quiz del curso virtual.

Criterios de evaluación

El cuestionario consta de 8 secciones, una por cada tema de la asignatura, con un total **de 36 preguntas**. Cada pregunta se valora de la siguiente forma:

Respuesta es correcta: 1 punto

Respuesta es incorrecta: - 0.25 puntos

**El tiempo disponible para realizar el cuestionario es de 50 minutos y sólo dispondrá de un intento para realizarlo.**

Ponderación en la nota final

La prueba es voluntaria. La calificación del cuestionario contribuirá de manera sumativa a la calificación final de la asignatura con una puntuación máxima de un 1 punto y mínima de 0.5 puntos (es decir, hay que obtener al menos 18 puntos para que se sume la puntuación del cuestionario a la calificación de la asignatura).

Fecha aproximada de entrega  
Comentarios y observaciones

19/01/2023

En ningún caso, **la realización del test repercutirá negativamente en la calificación final del estudiante** y, sin embargo, puede servirle para realizar un repaso general de la asignatura antes de los exámenes de la convocatoria de Febrero.

**¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?**

Para aprobar la asignatura el estudiante debe obtener una calificación final igual o superior a 5 puntos. El estudiante puede optar por dos modalidades de evaluación:

**La modalidad de evaluación continua:**

La evaluación se hará a partir dos Pruebas de Evaluación Continua (PECs) realizadas a lo largo del curso y de la Prueba Presencial (examen presencial). El estudiante podrá realizar la 1ª PEC sin que ello le obligue a seguir esta modalidad. La realización de la 2ª PEC implicará la elección irreversible de la modalidad de evaluación continua.

Para el estudiante que siga la modalidad de evaluación continua, la Prueba Presencial tendrá un peso del 80% en la calificación final de la asignatura y la calificación de la evaluación continua tendrá un peso del 20%. Para que se pueda sumar la calificación correspondiente a las pruebas de evaluación continua deberá obtener una calificación superior a 4 puntos (nota de corte) en el examen presencial. Si no se supera la nota de corte el estudiante no podrá aprobar la asignatura.

La calificación obtenida en la evaluación continua durante el curso se conservará hasta la prueba presencial extraordinaria de septiembre. Si el alumno se presenta a esa prueba, y supera la calificación de corte, su nota será la suma de ambas calificaciones.

En resumen, en esta modalidad:

$[nota\ final] = [nota\ prueba\ presencial] * 0.8 + [nota\ media\ de\ ambas\ PEC] * 0.2$

Si ha realizado el Test y ha obtenido 18 puntos o más en el mismo:

$[nota\ final] = [nota\ examen] * 0.8 + [nota\ PECs] * 0.20 + [Puntuación\ Test] * 0.0278$

La modalidad de examen final:

La evaluación se hará únicamente a partir de la Prueba Presencial que tendrá un peso del 100% en la calificación final de la asignatura. Es decir:

$[nota\ final] = [nota\ prueba\ presencial]$

Si ha realizado el Test y ha obtenido 18 puntos o más en el mismo:

$[nota\ examen] + [Puntuación\ Test] * 0.0278$

Los alumnos que hayan realizado únicamente la 1ª PEC entrarán dentro de esta modalidad.

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9788436265712

Título:ELECTROMAGNETISMO I (UNED)

Autor/es:Victoriano López Rodríguez ;

Editorial:U N E D

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780201625929

Título:FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA (4ª ed.)

Autor/es:Milford, Frederick J. ; Carrazana, Patricio ; Martínez Avila, Carlos Gerardo ; Christy, Robert W. ;

Editorial:Addison-Wesley Iberoamericana

ISBN(13):9788429143195

Título:ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO (2ª ed.)

Autor/es:M. Purcell, Edward ;

Editorial:REVERTÉ

ISBN(13):9788436246803

Título:ELECTROMAGNETISMO (1ª)

Autor/es:López Rodríguez, Victoriano ;

Editorial:U.N.E.D.

ISBN(13):9788499612164

Título:PROBLEMAS RESUELTOS DE ELECTROMAGNETISMO

Autor/es:Victoriano López Rodríguez ;

Editorial:: EDITORIAL CENTRO DE ESTUD.RAMON ARECES

ISBN(13):9789681813161

Título:CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Autor/es:Wangsness, R. K. ;

Editorial:LIMUSA

ISBN(13):9789702610557

Título:APLICACIONES EN ELECTROMAGNETISMO (5º)

Autor/es:F.T. Ulaby ;

Editorial:PEARSON EDUCACIÓN

**Nota:** Alguno de los libros indicados puede figurar como agotado en algunas librerías, pero posiblemente eso sea así en la edición concreta que figura en esta relación. Lo más probable es que el libro disponga de una edición más moderna con un ISBN distinto.

El libro *Electromagnetismo*, de Victoriano López Rodríguez, se encuentra descatalogado. No obstante seguimos incluyéndolo en esta relación porque se puede encontrar en la biblioteca de la Sede Central de la UNED y en otras bibliotecas de Centros Asociados.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Los recursos de apoyo al estudio se encontrarán en el curso virtual de la asignatura tal como se indica en los apartados de metodología y bibliografía básica.

## GLOSARIO

Esta asignatura no dispone de glosario.

---

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.