

## Programa de ELECTROMAGNETISMO

### 1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Electromagnetismo.

### 2. CRÉDITOS

10 créditos

### 3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Objetivos generales:

Se pretende que el estudiante profundice su conocimiento de las leyes fundamentales de la Teoría Electromagnética y sus aplicaciones, partiendo de la base de que el estudiante ha tenido ya una introducción a estos conceptos. El estudiante deberá adquirir herramientas analíticas que le permitan resolver ejemplos físicos que involucren campos eléctricos y magnéticos con un nivel medio de complejidad.

#### Objetivos Específicos para la ganancia del curso:

1. Plantear la Ley de Coulomb y la Ley de Gauss.
2. Aplicar la Ley de Gauss para resolver problemas de electrostática en situaciones de alta simetría.
3. Plantear y aplicar la relación entre el campo eléctrico y el potencial electrostático.
4. Plantear y aplicar la relación entre potencial y energía electrostáticos.
5. Reconocer cuándo y cómo aplicar la ecuación de Laplace y el teorema de unicidad para sus soluciones.
6. Dado un problema, reconocer el sistema de coordenadas más adecuado para su resolución.
7. Definir qué son la polarización eléctrica y la magnetización.
8. Explicar la relación entre el campo de desplazamiento, la polarización eléctrica y el campo eléctrico.
9. Plantear y aplicar las leyes de Kirchhoff.
10. Definir las densidades de corriente (superficial y volumétrica).
11. Plantear y aplicar la Ley de Ohm.
12. Conocer los elementos básicos de un circuito (resistor, capacitor e inductor), y su modelado.
13. Plantear la ecuación de continuidad.
14. Reconocer cuándo y cómo aplicar la relación entre el campo magnético y potencial

- vector magnético.
15. Explicar la relación entre el campo magnético, intensidad magnética y magnetización.
  16. Aplicar la Ley de Ampère para resolver problemas en situaciones de alta simetría.
  17. Explicarla ley de Faraday.
  18. Establecer la analogía entre circuitos eléctricos y magnéticos.
  19. Plantear las ecuaciones para en un circuito magnético.
  20. Plantear las condiciones de borde para los campos eléctrico, magnético, desplazamiento e intensidad magnética.
  21. Plantear la energía eléctrica y magnética en función de los campos.
  22. Aplicar el concepto de fasores aplicado a circuitos eléctricos simples en régimen permanente.
  23. Reconocer las cuatro leyes de Maxwell, y sus principales consecuencias.

### **Objetivos Específicos para la aprobación de la UC:**

1. Calcular campos eléctricos independientes del tiempo como resultado de una distribución de carga dada.
2. Resolver potenciales y campos eléctricos por medio del desarrollo multipolar (en particular los términos de carga neta y dipolar).
3. Calcular campos eléctricos en la materia a partir de cargas de polarización y cargas libres.
4. Aplicar la Ecuación de Laplace y condiciones de borde para resolver problemas electrostáticos empleando el teorema de unicidad de la solución y los métodos de separación de variables e imágenes.
5. Calcular fuerzas y momentos de rotación sobre dieléctricos.
6. Calcular campos magnéticos resultantes de corrientes constantes.
7. Calcular el potencial vector y su correspondiente campo magnético a partir de densidades de corriente constantes.
8. Calcular el campo magnético en la materia a partir de las corrientes de magnetización y corrientes de transporte.
9. Aplicar la Ecuación de Laplace y condiciones de borde para resolver problemas con corrientes estacionarias en medios óhmicos.
10. Aplicar la Ecuación de Laplace y condiciones de borde para resolver problemas magnetostáticos.
11. Conocer la existencia de métodos numéricos para la resolución a la ecuación de Laplace en geometrías generales.
12. Conocer las propiedades que modelan un medio dieléctrico y un medio conductor así como materiales dieléctricos con pérdidas. Aplicar la ecuación de continuidad en la aproximación al equilibrio electrostático y calcular tiempos de relajación.
13. Resolver circuitos magnéticos sencillos. Analizar el flujo magnético y calcular los campos magnético y de inducción en circuitos magnéticos, considerando devanados que llevan corrientes y e imanes permanentes. Calcular reluctancias.
14. Plantear y aplicar el fenómeno de Histéresis Magnética en situaciones simples.

15. Utilizar la ley de Faraday para obtener la fuerza electromotriz inducida.
16. Calcular la energía total eléctrica y magnética en función de los campos, en problemas con geometrías sencillas.
17. Calcular fuerzas y momentos de rotación a partir de la energía magnética.
18. Resolver comportamientos transitorios y estacionarios de circuitos de corriente alterna.
19. Plantear y calcular valores instantáneos y valores medios en comportamientos sinusoidales.
20. Calcular autoinductancias e inductancias mutuas en circuitos acoplados. Analizar malla de devanado primario y secundario en un transformador.
21. Calcular el vector de Poynting y la corriente de desplazamiento.
22. Aplicar las ecuaciones de Maxwell para relacionar campo eléctrico y magnético variables en el tiempo en situaciones de alta simetría.
23. Reconocer y aplicar las ecuaciones de Maxwell e identificar las fuentes de los campos.
24. Deducir de las ecuaciones de Maxwell en el vacío, las propiedades de una onda electromagnética.

#### 4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Esta Unidad Curricular prevé actividad sincrónica de 3hs de clase de teórico y 2hs de clase de práctico por semana durante 15 semanas. En las clases de teórico se introducen los fundamentos de la Unidad Curricular, junto con ejemplos de aplicación de estos, y fomentando la participación de los estudiantes. En las clases de práctico se analizan y resuelven ejercicios planteados previamente, que se espera que los estudiantes hayan intentado resolver con anterioridad. Los ejercicios pueden ser abordados en clase por el docente o por los estudiantes, dejando espacio para que éstos consulten dudas a los docentes. Se procura que las clases prácticas se dicten en modalidades que favorezcan la participación, el trabajo en grupo y la realización de los ejercicios propuestos bajo la guía y supervisión del docente. Puntualmente, algunos problemas pueden requerir abordajes numéricos.

Se utiliza el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) de la Facultad de Ingeniería como apoyo al desarrollo del curso. Se fomenta la utilización de los foros virtuales de consultapor parte de los estudiantes, tanto para realizar preguntas como para contestar aquellas planteadas por los compañeros. En todos los casos los foros funcionarán bajo la supervisión de los docentes. Se ponen a disposición de los estudiantes diversos materiales accesibles en formato virtual (por ejemplo: clases grabadas, visualización de situaciones planteadas en los ejercicios, simulador numérico para la resolución de la ecuación de Laplace y otros materiales de interés). En particular, se garantiza el acceso a evaluaciones anteriores con sus correspondientes soluciones.

Se prevé además una dedicación no presencial del estudiante de 5hs por semana durante 15 semanas de repaso del teórico y resolución de ejercicios. En total se estiman diez horas de dedicación semanal del estudiante.

## 5. TEMARIO

Incluye una descripción general de los grandes temas del curso y de los subtemas incluidos en cada uno de ellos.

1. **Electrostática.** Ley de Coulomb. Campo eléctrico. Potencial electrostático. Ley de Gauss. Dipolo eléctrico. Desarrollo multipolar de campos eléctricos.
2. **Resolución de problemas en electrostática.** Ecuación de Poisson. Ecuación de Laplace. Resolución de problemas electrostáticos de la ecuación de Laplace en diferentes sistemas de coordenadas. Soluciones analíticas y numéricas. Método de imágenes.
3. **Medios dieléctricos.** Polarización Desplazamiento eléctrico. Ley de Gauss en un dieléctrico. Susceptibilidad y constante dieléctrica. Condiciones de frontera para los vectores de campo. Ecuación de Laplace en un dieléctrico.
4. **Energía electrostática.** Energía electrostática de un conjunto de cargas puntuales y de una distribución de carga. Densidad de energía de un campo electrostático. Condensadores. Fuerzas y momento de rotación.
5. **Corriente eléctrica.** Corriente. Densidad de corriente. Ecuación de continuidad. Ley de Ohm. Corrientes estacionarias en medios continuos. Redes de resistencias y leyes de Kirchhoff.
6. **Campos magnéticos de corrientes estacionarias.** Leyes de Biot-Savart y de Ampère. Potencial vectorial magnético.
7. **Propiedades magnéticas de la materia.** Magnetización. Potencial escalar magnéticos y polos magnéticos. Intensidad magnética. Susceptibilidad, permeabilidad magnética e Histéresis. Circuitos magnéticos.
8. **Inducción electromagnética.** Ley de inducción de Faraday. Autoinductancia. Inducción mutua. Fórmula de Neumann. Inductancias en serie y paralelo.
9. **Energía Magnética.** Densidad de energía en el campo magnético. Fuerzas y momentos de rotación. Pérdida por histéresis
10. **Corrientes que varían lentamente.** Circuitos eléctricos. Comportamiento transitorio y estacionario. Leyes de Kirchhoff. Impedancia en serie y paralelo. Potencias y factores de potencia.
11. **Ecuaciones de Maxwell.** Corriente de desplazamiento. Ecuaciones de Maxwell. Energía electromagnética. Ecuación de ondas. Ondas monocromáticas. Velocidad de la luz.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Se señala más abajo la disponibilidad de los materiales en biblioteca de la Facultad al momento de la aprobación del programa.

Tema	Básica	Complementaria
Tema 1–Electrostática.Leyes de Coulomb y Gauss. Campo eléctrico. Potencial electrostático.	Cap 2 de (1)	-
Tema 2 - Resolución de problemas electrostáticos.Ecuaciones de Laplace y Poisson. Ejemplos.	Cap 3 de (1)	
Tema 3 - Medios dieléctricos.Polarización. Desplazamiento eléctrico. Condensadores.	Cap 4 de (1)	
Tema 4 - Energía electrostática	Cap 6 de (1)	
Tema 5 - Corriente Eléctrica. Ecuación de continuidad. Ley de Ohm. Fuerza electromotriz.	Cap 7 de (1)	
Tema 6 - Campo magnético con corrientes estacionarias. Leyes de Biot-Savart y Ampère. Potencial vector magnético.	Cap 8 de (1)	
Tema 7 - Propiedades magnéticas de la materia.Intensidad magnética. Permeabilidad magnética. Histéresis. Circuitos magnéticos.	Cap 9 de (1)	
Tema 8 –Ley de Inducción de Faraday. Autoinductancia. Inducción mutua.	Cap 11 de (1)	
Tema 9 - Energía Magnética	Cap 12 de (1)	
Tema 10 - Corrientes que varían lentamente. Circuitos eléctricos. Leyes de Kirchhoff. Comportamiento transitorio y estacionario. Impedancia.	Cap 13 de (1)	
Tema 11 –Corriente de desplazamiento. Ecuaciones de Maxwell.	Cap 16 de (1)	

### 6.1 Básica

1. Fundamentos de la teoría electromagnética. Reitz – Milford – Christy (Ed. Addison-Wesley). Hay ocho ejemplares de la edición de 1996 Addison-Wesley; catorce ejemplares de la edición 1986 Addison-Wesley; y nueve ejemplares de la edición 1969 que es edición de UTEHA.

## 6.2 Complementaria

1. Introduction to Electrodynamics. D. J. Griffiths. (Ed. Prentice Hall). Hay un ejemplar impreso, y uno en formato CD ambos en idioma inglés.
2. Elementos de electromagnetismo (3° ed.). M. N. O. Sadiku. (Oxford University Press). Hay un ejemplar en la biblioteca.
3. The Feynman Lectures on Physics, Vol. 2. R. P. Feynman. (Ed. Addison-Wesley). Hay un ejemplar en biblioteca.

## 7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

### 7.1 Conocimientos Previos Exigidos:

Se exigen conocimientos de física general y matemática de nivel universitario básico: Cálculo diferencial e integral en una y varias variables, sistemas de coordenadas, álgebra lineal de nivel intermedio, teoría electromagnética de nivel introductorio.

### 7.2 Conocimientos Previos Recomendados:

Para un mejor aprovechamiento del curso es recomendable que el estudiante posea conocimientos de análisis vectorial.

## ANEXO A Para todas las Carreras

### A1) INSTITUTO

Instituto de Física

### A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana 1	Ley de Coulomb. Principio de superposición. Campo Eléctrico. Líneas de fuerza. Potencial Electrostático. Conductores y aislantes.
Semana 2	Ley de Gauss. Ejemplos. Desarrollo multipolar. Fuerza sobre un dipolo en un campo eléctrico.
Semana 3	Resolución de problemas electrostáticos. Ecuaciones de Laplace y Poisson. Unicidad de la solución. Método de separación de variables. Método de Imágenes electrostáticas. Ejemplos.
Semana 4	Campo eléctrico en medios dieléctricos. Polarización. Carga de polarización. Forma general de la ley de Gauss. Susceptibilidad eléctrica y constante dieléctrica. Condiciones de frontera sobre los vectores de campo. Ecuación de Poisson en medios dieléctricos.
Semana 5	Condensadores. Energía electrostática. Fuerzas y momentos.
Semana 6	Corriente eléctrica. Ecuación de continuidad. Ley de Ohm. Tiempo de relajación. Condiciones de frontera. Fuerza electromotriz. Ley de Joule. Leyes de Kirchhoff. Resistencias en serie y paralelo. Resolución de circuitos que contienen resistencias y condensadores.
Semana 7	Campo magnético de corrientes estacionarias. Vector Inducción Magnética. Ley de Biot y Savart. Interacción entre circuitos.
Semana 8	Ley de Ampère. Momento dipolar magnético. Potencial vector magnético. Aplicaciones de la Ley de Ampère.
Semana 9	Propiedades magnéticas de la materia. Vector Intensidad Magnética. Susceptibilidad y permeabilidad magnéticas. Histéresis.
Semana 10	Condiciones de frontera sobre los vectores de campo. Circuitos magnéticos. Imanes permanentes.
Semana 11	Ley de Faraday. Inducción magnética. Autoinductancia. Inductancia mutua. Energía magnética.
Semana 12	Corrientes lentamente variables. Leyes de Kirchhoff. Circuitos RLC: comportamiento transitorio y estacionario. Factor de potencia y valores eficaces. Impedancia. Corriente de Desplazamiento. Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de ondas. Velocidad de la luz.
Semana 13	Corriente de Desplazamiento. Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de ondas. Velocidad de la luz.

### **A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

Los estudiantes se evalúan mediante dos parciales, los cuales se realizan en los periodos previstos en el cronograma de dictado de cursos fijado por la Facultad. En estos parciales se le plantean ejercicios de desarrollo que el estudiante debe resolver con claridad. Sumando los resultados de los parciales se puede obtener un total de 100 puntos: un máximo de 40 puntos en el primer parcial y un máximo de 60 puntos en el segundo. Al menos el 25 % de los puntos de cada parcial debe evaluar los objetivos específicos de aprobación del curso. Los parciales no tienen un puntaje mínimo exigible. La exoneración del examen final se logra acumulando como mínimo 60 puntos. La ganancia del curso se logra acumulando como mínimo 25 puntos. Quien no llegue a 25 puntos deberá recursar. La inasistencia a un parcial no inhabilita al estudiante a aprobar o exonerar el curso.

En el examen final del curso, se podrán incluir tanto ejercicios de desarrollo como preguntas conceptuales. El nivel de suficiencia se alcanza resolviendo correctamente un ejercicio y al menos la mitad del examen.

### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

La Unidad admite calidad de libre.

### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

No hay cupos