



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

Universidad de Costa Rica  
Facultad de Ciencias  
Escuela de Física

## Programa de Curso

<b>Nombre del curso:</b> Electromagnetismo II	<b>Requisitos:</b> FS-0718 Electromagnetismo I o FS-0715 Electromagnetismo I
<b>Sigla:</b> FS-0820	<b>Correquisitos:</b> Ninguno
<b>Horas:</b> 4 por semana, teoría	<b>Ciclo:</b> VIII
<b>Créditos:</b> 3	<b>Clasificación:</b> Curso propio

### 1. DESCRIPCIÓN

Se revisan las ecuaciones de campo que obedecen los campos eléctricos y de desplazamiento eléctrico, así como los campos de inducción e intensidad magnética, con el propósito de esquematizar la estructura de las ecuaciones de Maxwell, tanto en su forma diferencial como integral. Este marco de fondo provee los elementos requeridos para desarrollar las ecuaciones de onda asociadas a la propagación de campos electromagnéticos. Se procede al desarrollo de soluciones de esta ecuación y aplicaciones específicas que involucran procesos de reflexión, transmisión, emisión y absorción de radiación. Se estudian las transformaciones de Lorentz con el propósito de considerar cómo se describen los fenómenos electromagnéticos en distintos marcos de referencia inerciales, haciendo énfasis en aquellas propiedades físicas que se mantienen como invariantes de Lorentz. Se desarrolla la forma covariante de las ecuaciones de Maxwell.

### 2. OBJETIVOS

#### Objetivo General

Estudiar los principios básicos de la teoría electromagnética dinámica clásica y relativista de tal manera de que las y los estudiantes puedan aplicar dichos conceptos en la solución de problemas.

## Objetivos específicos

- Ampliar el conocimiento de los conceptos asociados a los campos magnéticos no dependientes del tiempo a cualquier medio material y analizar las propiedades electromagnéticas de la materia.
- Estudiar los principios energéticos de los campos magnéticos no dependientes del tiempo.
- Comprender y aplicar los conceptos y ecuaciones básicas que describen a los campos eléctricos y magnéticos dependientes del tiempo de acuerdo a las diferentes distribuciones de carga y corrientes, y las condiciones particulares de los sistemas electromagnéticos.
- Estudiar y analizar las ecuaciones fundamentales del electromagnetismo y sus soluciones en diversas circunstancias.
- Comprender la naturaleza y propiedades de la radiación, así como su generación e interacción con la materia.
- Comprender los conceptos de potencial y campo en el electromagnetismo.
- Conocer y aplicar las leyes de conservación aplicadas al electromagnetismo.
- Comprender, analizar y aplicar los conceptos relativistas en el electromagnetismo.
- Conocer diversas aplicaciones actuales del electromagnetismo.

## 3. CONTENIDOS DEL CURSO

### PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LA MATERIA

- Magnetización
- Potencial escalar magnética y densidad de polo magnético
- Fuentes de campo intensidad magnética
- Ecuaciones de campo
- Susceptibilidad y permeabilidad
- Condiciones de frontera sobre los campos magnéticos
- Materiales magnéticos

### ENERGÍA MAGNÉTICA

- Energía magnética en circuitos acoplados
- Densidad de energía
- Fuerzas y momentos de fuerza sobre circuitos rígidos

### ELECTRODINAMICA

#### Ley de Ohm

- Fuerza electromotriz

- Fem de movimiento
- Ley de Faraday
- Campo eléctrico inducido
- Inductancia
- Energía en campos magnéticos

## ECUACIONES DE MAXWELL

- Generalización de la ley de Ampere
- Ecuaciones de Maxwell en forma diferencial e integral
- Simetría E-H
- Energía electromagnética vector de Poynting

## LEYES DE CONSERVACIÓN EN ELECTROMAGNETISMO

- Carga y energía
- Flujo de energía (Vector de Poynting)
- Momentum lineal y angular

## ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

- Ecuación de onda
- Condiciones de frontera
- Reflexión y refracción en interfase
- Ecuación de onda con fuentes
- Absorción y dispersión
- Guías de onda

## POTENCIALES Y CAMPOS

- Formulación en potenciales escalares y vectoriales
- Transformaciones de Gauge
- Gauge de Coulomb y Lorentz
- Potenciales retardados
- Potencial de una carga en movimiento

## RADIACION

- Radiación de dipolo y cargas puntuales

## RELATIVIDAD ESPECIAL

- Transformaciones ortogonales

- La transformación de Lorentz
- Forma covariante de las ecuaciones de Maxwell
- Tensor de Maxwell
- El tensor energía impulso

## TEMAS ESPECIALES Y OPCIONALES

- Definidos a criterio de la persona docente  
Por ejemplo: guías de ondas avanzadas, circuitos avanzados, introducción a plasmas, entre otros.

## 4. METODOLOGÍA

Durante el curso se emplea una metodología participativa. Las clases poseen exposiciones magistrales, realización de ejercicios, demostración de diferentes conceptos del Electromagnetismo. En las exposiciones magistrales la persona docente deberá dar definiciones, explicaciones teóricas y aplicaciones, empleando las diferentes herramientas matemáticas y de programación disponibles. Se motiva a la indagación de conceptos y al trabajo en grupo e individual.

## 5. EVALUACIÓN

El rendimiento académico del estudiantado se podrá evaluar por medio de pruebas escritas, cuyos contenidos versarán sobre temas analizados previamente durante las lecciones, análisis de lecturas relacionadas con los contenidos, exámenes cortos, tareas de resolución analítica, tareas programadas (aplicación de métodos numéricos y lenguaje de programación) y exposiciones, etc. La composición nota final incluirá al menos tres tipos de instrumentos de evaluaciones distintos, siendo uno de ellos las tareas programadas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Chabay, Ruth W., Sherwood, Bruce A. Matter and Interactions. John Wiley & Sons, Inc. 4 ta edición. EE.UU. 2015.
2. Greiner, Walter. Classical Electrodynamics. Springer. 1 era edición. EE.UU. 1998.
3. Griffiths, David J. Introduction to Electrodynamics. Cambridge University Press. 4 ta edición. United Kingdom. 2017.
4. Jackson, John David. Classical Electrodynamics. John Wiley & Sons, Inc. 3 era edición. EE.UU. 1999.
5. Illie, Carolina C., Schrecengost, Zachariah S. Electrodynamics. Problems and Solutions. 1 era edición. EE.UU. 2018.

6. Lorrain, Paul, Corson, Dale R., Lorrain, François. Electromagnetic Fields and waves. W. H. Freeman and Company. 3 era edición. EE.UU. 1988.
7. Matveev, A.N. Electricidad y Magnetismo. Editorial Mir. 1 era edición. U.R.S.S. 1988.
8. Pierrus, J. Solved Problems in Classical Electromagnetism: Analytical and Numerical Solutions with Comments. Oxford University Press. 1 era edición. 2018.
9. Purcell, Edward M., Morin, David J. Electricity and Magnetism. Cambridge University Press. 3 a edición. United Kingdom. 2013.
10. Reitz, John R., Milford, Frederick J., Christy Robert W. Foundations of Electromagnetic Theory. Addison–Wesley. 4 ta edición. EE.UU. 2008.
11. Schwinger, Julian, DeRaad, Jr., Lester L., Milton, Kimball A., Tsai, Wu-yang. Classical Electrodynamics. CRC Press. 1 era edición. EE.UU. 2018.
12. Vanderlinde. Classical Electromagnetic Theory. Kluwer Academic Publishers. 2 da edición. EE.UU. 2004.
13. Zahn, Markus. Electromagnetic Field Theory: A Problem Solving Approach. Krieger Publishing Company. 3 era edición. EE.UU. 1987.
14. Zangwill, Andrew. Modern Electrodynamics. Cambridge University Press. 1 era edición. United Kingdom. 2019.

Aprobado mediante la resolución de vicerrectoría de docencia VD-12824-2023. Rige a partir del I ciclo 2024.