



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra  
Plan de Estudios de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra

|   |  |                       |  |              |
|---|--|-----------------------|--|--------------|
| <b>Programa</b><br>Electromagnetismo Avanzado |  |                       |  |              |
| <b>Clave</b>                                  | <b>Semestre</b><br>5°  | <b>Créditos</b><br>12 | <b>Campo de conocimiento:</b><br>Ciencias de la Tierra |              |
|   |  |                       | <b>Etapa de formación:</b><br>Intermedia               |              |
| <b>Modalidad</b>                              | Curso(X) Taller( ) Lab() Seminario ( )<br>Otras ( )                |                       | <b>Tipo:</b> T (X) P ( ) T/P ( )                       |              |
| <b>Carácter</b>                               | Obligatorio ( ) Optativo ( )<br>Obligatorio E ( X ) Optativo E ( ) |                       | <b>Horas:</b>  |              |
| <b>Duración</b>                               | 16 semanas   |                       | <b>Semana</b>  |              |
|   |  |                       | <b>Semestre</b>  |              |
|   |  |                       | Teóricas: 6  | Teóricas: 96 |
|   |  |                       | Prácticas: 0   | Prácticas: 0 |
|   |  |                       | Total: 6   | Total: 96    |

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Seriación</b>       |  |
| Ninguna (X)            |  |
| Obligatoria ( )        |  |
| Asignatura antecedente |  |
| Asignatura subsecuente |  |
| <b>Indicativa ( )</b>  |  |
| Asignatura antecedente |  |
| Asignatura subsecuente |  |

**Objetivo general:** Comprender la teoría electromagnética para describir los fenómenos eléctricos y magnéticos.

- Objetivos particulares**
- Reconocer las propiedades de los campos eléctricos y magnéticos para comprender la diferencia en el vacío y en medios dieléctricos y permeables respectivamente.
  - Comprender las leyes que rigen al campo electromagnético para entender su dinámica y evolución en fenómenos físicos.
  - Hacer uso de las ecuaciones de Maxwell para demostrar la existencia de ondas electromagnéticas.
  - Comprender diversas situaciones de electrostática, magnetostática y electromagnetismo para demostrar su aplicación en sistemas radiantes.

|                        |                                     |                       |                  |
|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Índice temático</b> |                                     |                       |                  |
|                        | <b>Tema</b>                         | <b>Horas Semestre</b> |                  |
|                        |                                     | <b>Teóricas</b>       | <b>Prácticas</b> |
| 1                      | El campo electrostático en el vacío | 10                    | 0                |



|                 |  |           |          |
|-----------------|--|-----------|----------|
| 2               | Métodos de solución de problemas de electrostática                       | 10        | 0        |
| 3               | El campo electrostático en medios dieléctricos                           | 10        | 0        |
| 4               | El campo magnetostático en el vacío                                      | 12        | 0        |
| 5               | El campo magnetostático en medios permeables                             | 8         | 0        |
| 6               | Inducción electromagnética   | 8         | 0        |
| 7               | Ecuaciones de Maxwell y propiedades dinámicas del campo electromagnético | 10        | 0        |
| 8               | Ondas electromagnéticas planas   | 10        | 0        |
| 9               | Ondas electromagnéticas confinadas                                       | 10        | 0        |
| 10              | Sistemas radiantes   | 8         | 0        |
| <b>Subtotal</b> |  | <b>96</b> | <b>0</b> |
| <b>Total</b>    |  | <b>96</b> |          |

| <b>Contenidos temáticos</b> |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Temas</b>                | <b>Subtemas</b>   |
| 1                           | El campo electrostático en el vacío<br>1.1 Ley de Coulomb<br>1.2 Principio de superposición<br>1.3 El campo de intensidad eléctrica<br>1.4 Ley de Gauss en sus formas integral, diferencial y de condiciones de frontera<br>1.5 Carácter conservativo del campo electrostático y su expresión en formas integral, diferencial y de condiciones de frontera<br>1.6 El campo de potencial electrostático<br>1.7 Ecuaciones de Poisson y de Laplace<br>1.8 Densidad de energía y tensor de esfuerzos de Maxwell en el campo electrostático |
| 2                           | Métodos de solución de problemas de electrostática<br>2.1 El teorema de unicidad y su aplicación a problemas de condiciones de frontera de Dirichlet y de Neumann<br>2.2 La función de Green y sus características para condiciones de frontera de Dirichlet y de Neumann<br>2.3 Método de imágenes<br>2.4 Método de funciones analíticas de variable compleja para problemas bidimensionales<br>2.5 Método de solución usando funciones armónicas en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas<br>2.6 El desarrollo multipolar  |
| 3                           | El campo electrostático en medios dieléctricos<br>3.1 Momentos dipolares permanentes e inducidos. Polarizabilidad<br>3.2 Polarización y susceptibilidad eléctrica<br>3.3 Cargas libres y cargas de polarización<br>3.4 Ley de Gauss en medios dieléctricos<br>3.5 El campo de desplazamiento eléctrico. Permeabilidad eléctrica y dieléctrica<br>3.6 Problemas de electrostática en presencia de dieléctricos y conductores, incluyendo condensadores<br>3.7 Ecuaciones de ClausiusMossotti, Langevin y Debye                           |



|   |   |
|---|---|
|   | 3.8 Densidad de energía y tensor de esfuerzos de Maxwell en presencia de dieléctricos   |
| 4 | <p>El campo magnetostático en el vacío</p> <p>4.1 Fuerza de Lorentz sobre cargas en movimiento y sobre elementos de corriente. El campo de inducción magnética</p> <p>4.2 Ley de Biot y Savart. Corrientes estacionarias y campos magnéticos asociados</p> <p>4.3 Ley circuital de Ampere en sus formas integral, diferencial y de condiciones de frontera</p> <p>4.4 No existencia de monopolos magnéticos. <b>Carácter</b> solenoidal del campo magnetostático y su expresión en formas integral, diferencial y de condiciones de frontera</p> <p>4.5 El campo de potencial vectorial magnético. Transformaciones de norma. Su significado físico como potencial de cantidad de movimiento y de energía por unidad de carga y de velocidad</p> <p>4.6 Norma transversal. Ecuación de Poisson. Forma integral</p> <p>4.7 Desarrollo multipolar. Torcas, fuerzas y energías de momentos dipolares</p>                           |
| 5 | <p>El campo magnetostático en medios permeables</p> <p>5.1 Diamagnetos, paramagnetos y ferromagnetos</p> <p>5.2 Momentos magnéticos dipolares inducidos y permanentes</p> <p>5.3 Magnetización</p> <p>5.4 Corrientes libres y corrientes de magnetización</p> <p>5.5 Ley de Ampere en medios permeables</p> <p>5.6 El campo de intensidad magnética. Susceptibilidad magnética y permeabilidad magnética</p> <p>5.7 Ferromagnetismo. Histéresis</p>   |
| 6 | <p>Inducción electromagnética</p> <p>6.1 Fuerza electromotriz</p> <p>6.2 Inducción electromagnética. Ley de Faraday-Lenz-Henry en sus formas fenomenológica, integral, diferencial y de condiciones de frontera</p> <p>6.3 Inductancia. Inductancia mutua y autoinductancia</p> <p>6.4 Energía almacenada en un sistema de solenoides con corrientes estacionarias</p> <p>6.5 Densidad de energía y tensor de esfuerzos de Maxwell en el campo magnetostático</p>   |
| 7 | <p>Ecuaciones de Maxwell y propiedades dinámicas del campo electromagnético</p> <p>7.1 Ley de Gauss eléctrica y magnética para fuentes y campos variables en el tiempo</p> <p>7.2 Ley de Faraday-Lenz-Henry</p> <p>7.3 Conservación de carga eléctrica. Corriente de desplazamiento. Ley de Ampere-Maxwell</p> <p>7.4 Potenciales vectorial y escalar. Transformaciones de norma</p> <p>7.5 Norma transversal o de Coulomb. Ecuaciones de onda y de Poisson</p> <p>7.6 Norma de Lorentz. Ecuaciones de onda de los potenciales</p> <p>7.7 Ecuaciones de onda para los campos de fuerza</p> <p>7.8 Teorema de Poynting. Densidad de energía del campo electromagnético y vector de Poynting</p> <p>7.9 Balance de cantidad de movimiento. Densidad de cantidad de movimiento y tensor de esfuerzos de Maxwell en el campo electromagnético</p> <p>7.10 Modificaciones en presencia de medios dieléctricos y permeables, y de</p> |



|    |  |
|----|--|
|    | conductores  |
| 8  | <p>Ondas electromagnéticas planas</p> <p>8.1 En el vacío: velocidades de fase y de transporte de energía; transversalidad y polarización (lineal, circular, elíptica)</p> <p>8.2 En medios dieléctricos: índice de refracción; velocidades de fase y de transporte de energía; birefringencia</p> <p>8.3 Al pasar de un medio a otro, separados por una frontera plana: leyes de reflexión y refracción (ley de Snell); ecuaciones de Fresnel; efectos de polarización; reflexión total interna; ondas evanescentes</p> <p>8.4 En medios conductores: atenuación y profundidad de la piel; efectos de disipación</p> <p>8.5 En plasmas: conductividad de un gas ionizado; frecuencia de plasma</p> |
| 9  | <p>Ondas electromagnéticas confinadas</p> <p>9.1 Guías de onda: ondas transversales electromagnéticas; ondas transversales eléctricas y transversales magnéticas; transmisión y atenuación; fibras ópticas</p> <p>9.2 Cavidades de resonancia: paralelepípedo rectángulo; cilindro; valor Q</p>  |
| 10 | <p>Sistemas radiantes</p> <p>10.1 Plano con corrientes oscilantes como fuente de ondas planas</p> <p>10.2 Línea con corrientes oscilantes como fuente de ondas cilíndricas</p> <p>10.3 Solenoide recto con corrientes oscilantes como fuente de ondas cilíndricas</p> <p>10.4 Función de Green retardada</p> <p>10.5 Dipolo de Hertz eléctrico y magnético</p> <p>10.6 Antenas</p> <p>10.7 Partículas cargadas aceleradas</p> <p>10.8 Potenciales y campos de Lienard-Wiechert</p>   |

#### Estrategias didácticas

|                                 |
|---------------------------------|
| Lecturas                        |
| Trabajos de investigación       |
| Aprendizaje basado en problemas |
| Exposición                      |
| Trabajo en equipo               |

#### Evaluación del aprendizaje

|                        |
|------------------------|
| Exámenes               |
| Trabajos y tareas      |
| Presentación de temas  |
| Elaboración de ensayos |

#### Perfil profesiográfico del docente

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Título o grado        | Físico(a) u otro afín. Nivel mínimo de Maestría.                   |
| Experiencia docente   | Con experiencia docente de al menos dos años.                      |
| Otras características | Haber tomado el curso de Formación Docente impartido por la ENCiT. |

#### Bibliografía básica

|  |
|--|
| Clemow, P.C. (1973). An introduction to electromagnetic theory. USA: Cambridge University Press.                                       |
| Cook, D.M. (1975). The theory of the electromagnetic field. New York, USA: Prentice-Hall, Inc. Englewoods Cliffs.                      |
| Jelimenko, O.D. (1966). Electricity and magnetism. New York, USA: Appleton Century Cooft Meredith Corporation.                         |
| Lorrain, P., Corson, D.R., (1970). Electromagnetic fields and waves. San Francisco, USA: W.H. Freeman and Company.                     |
| Reitz, J.R., Milford, F.J., Christy, R.W., (1979). Foundations of electromagnetic theory. USA: Addison-Wesley Pub. Co., Reading, Mass. |
| Vanderlinde, J. (1993). Classical electromagnetic theory. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.                                       |
| Wangsness, R.K. (1979). Electromagnetic fields. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.   |
| Zangwill, Andrew (2013) Modern Electrodynamics, Reino Unido: Cambridge University Press.   |
| <b>Mesografía</b>  |
| EdX cursos online <a href="https://www.edx.org/es/schools-partners">https://www.edx.org/es/schools-partners</a>                        |

|   |
|---|
| <b>Bibliografía complementaria</b>  |
| Griffiths, D.J. (1989). Introduction to electrodynamics. New York, USA: Prentice-Hall, Inc. Englewoods Cliffs.      |
| Hauser, W. (1971). Introduction to the principles of electromagnetism. USA: Addison-Wesley Pub. Co., Reading, Mass. |
| Heald, M.A., Marion, J.B. (1995). Classical electromagnetic radiation. USA: Saunders College Publishing.            |
| Shadowitz, A. (1988). The electromagnetic field. New York, USA: Dover Publications Inc.                             |