

ELECTROMAGNETISMO II

CLAVE: 0609	MODALIDAD: Curso
SÉPTIMO SEMESTRE	CARÁCTER: Obligatorio
CRÉDITOS: 12	REQUISITOS: Electromagnetismo I, Óptica, Mecánica Analítica, Ecuaciones Diferenciales I, Variable Compleja, Matemáticas Avanzadas de la Física

HORAS POR CLASE	TEÓRICAS: 2
HORAS POR SEMANA	TEÓRICAS: 6
HORAS POR SEMESTRE	TEÓRICAS: 96

Objetivos

Familiarizar al estudiante con la teoría electromagnética destacando la descripción matemática unificada de los fenómenos eléctricos y magnéticos, en el vacío y en medios materiales. Reconocer las propiedades dinámicas del campo electromagnético incluyendo las leyes de conservación correspondientes, como consecuencia de las leyes del campo y de las relaciones constitutivas. Estudiar diversas situaciones de electrostática, magnetostática y electromagnetismo, incluyendo sistemas de radiación, y sus aplicaciones.

Metodología de la enseñanza

El curso consistirá en la exposición teórica de los temas por el profesor, frente al pizarrón, aunque se pueden dejar lecturas de artículos científicos como material informativo complementario.

Se debe establecer un programa de simulaciones numéricas que permitan al estudiante dominar este campo.

Evaluación del curso

Mediante exámenes, tareas y eventuales reportes de lecturas complementarias.

Temario

1. EL CAMPO ELECTROSTÁTICO EN EL VACÍO 6 hrs
 - 1.1 Ley de Coulomb.
 - 1.2 Principio de superposición.
 - 1.3 El campo de intensidad eléctrica.
 - 1.4 Ley de Gauss en sus formas integral, diferencial y de condiciones de frontera.
 - 1.5 Carácter conservativo del campo electrostático y su expresión en formas integral, diferencial y de condiciones de frontera.
 - 1.6 El campo de potencial electrostático.
 - 1.7 Ecuaciones de Poisson y de Laplace.
 - 1.8 Densidad de energía y tensor de esfuerzos de Maxwell en el campo electrostático.

2. MÉTODOS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE ELECTROSTÁTICA 9 HRS
 - 2.1 El teorema de unicidad y su aplicación a problemas de condiciones de frontera de Dirichlet y de Neumann.
 - 2.2 La función de Green y sus características para condiciones de frontera de Dirichlet y de Neumann.
 - 2.3 Método de imágenes.
 - 2.4 Método de funciones analíticas de variable compleja para problemas bidimensionales.
 - 2.5 Método de solución usando funciones armónicas en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas.
 - 2.6 El desarrollo multipolar.

3. EL CAMPO ELECTROSTÁTICO EN MEDIOS DIELECTRICOS 9 hrs

- 3.1 Momentos dipolares permanentes e inducidos. Polarizabilidad.
 - 3.2 Polarización y susceptibilidad eléctrica.
 - 3.3 Cargas libres y cargas de polarización.
 - 3.4 LEy de Gauss en medios dieléctricos.
 - 3.5 El campo de desplazamiento eléctrico. Permeabilidad eléctrica y dieléctrica.
 - 3.6 Problemas de electrostática en presencia de dieléctricos y conductores, incluyendo condensadores.
 - 3.7 Ecuaciones de Clausius-Mossotti, Langevin y Debye.
 - 3.8 Densidad de energía y tensor de esfuerzos de Maxwell en presencia de dieléctricos.
4. EL CAMPO MAGNETOSTÁTICO EN EL VACÍO 8 hrs
- 4.1 Fuerza de Lorentz sobre cargas en movimiento y sobre elementos de corriente. El campo de inducción magnética.
 - 4.2 Ley de Biot y Savart. Corrientes estacionarias y campos magnéticos asociados.
 - 4.3 Ley circuital de Ampère en sus formas integral, diferencial y de condiciones de frontera.
 - 4.4 No existencia de monopolos magnéticos. Carácter solenoidal del campo magnetostático y su expresión en formas integral, diferencial y de condiciones de frontera.
 - 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.
 - 4.6 Norma transversal. Ecuación de Poisson. Forma integral.
 - 4.7 Desarrollo multipolar. Torcas, fuerzas y energías de momentos dipolares.
5. EL CAMPO MAGNETOSTÁTICO EN MEDIOS PERMEABLES 8 hrs
- 5.1 Diamagnetos, paramagnetos y ferromagnetos.
 - 5.2 Momentos magnéticos dipolares inducidos y permanentes.
 - 5.3 Magnetización.
 - 5.4 Corrientes libres y corrientes de magnetización.
 - 5.5 Ley de Ampère en medios permeables.
 - 5.6 El campo de intensidad magnética. Susceptibilidad magnética y permeabilidad magnética.
 - 5.7 Ferromagnetismo. Histéresis.
6. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA 6 hrs
- 6.1 Fuerza electromotriz.
 - 6.2 Inducción electromagnética. Ley de Faraday-Lenz-Henry en sus formas fenomenológica, integral, diferencial y de condiciones de frontera.
 - 6.3 Inductancia. Inductancia mutua y autoinductancia.
 - 6.4 Energía almacenada en un sistema de solenoides con corrientes estacionarias.
 - 6.5 Densidad de energía y tensor de esfuerzos de Maxwell en el campo magnetostático.
7. ECUACIONES DE MAXWELL Y PROPIEDADES DINÁMICAS DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO 10 hrs
- 7.1 Ley de Gauss eléctrica y magnética para fuentes y campos variables en el tiempo.
 - 7.2 Ley de Faraday-Lenz-Henry.
 - 7.3 Conservación de carga eléctrica. Corriente de desplazamiento. Ley de Ampère-Maxwell.
 - 7.4 Potenciales vectorial y escalar. Transformaciones de norma.
 - 7.5 Norma transversal o de Coulomb. Ecuaciones de onda y de Poisson.
 - 7.6 Norma de Lorentz. Ecuaciones de onda de los potenciales.
 - 7.7 Ecuaciones de onda para los campos de fuerza.
 - 7.8 Teorema de Poynting. Densidad de energía del campo electromagnético y vector de Poynting.
 - 7.9 Balance de cantidad de movimiento. Densidad de cantidad de movimiento y tensor de esfuerzos de Maxwell en el campo electromagnético.
 - 7.10 Modificaciones en presencia de medios dieléctricos y permeables, y de conductores.
8. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS PLANAS 10 hrs

- 8.1 En el vacío: velocidades de fase y de transporte de energía; transversalidad y polarización (lineal, circular, elíptica).
- 8.2 En medios dieléctricos: índice de refracción; velocidades de fase y de transporte de energía; birefringencia.
- 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.
- 8.4 En medios conductores: atenuación y profundidad de la piel; efectos de dispersión.
- 8.5 En plasmas: conductividad de un gas ionizado; frecuencia de plasma.

9. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS CONFINADAS 6 hrs

- 9.1 Guías de onda: ondas transversales electromagnéticas; ondas transversales eléctricas y transversales magnéticas; transmisión y atenuación; fibras ópticas.
- 9.2 Cavidades de resonancia: paralelepípedo rectángulo; cilindro; valor Q.

10. SISTEMAS RADIANTES 10 hrs

- 10.1 Plano con corrientes oscilantes como fuente de ondas planas.
- 10.2 Línea con corrientes oscilantes como fuente de ondas cilíndricas.
- 10.3 Solenoide recto con corrientes oscilantes como fuente de ondas cilíndricas.
- 10.4 Función de Green retardada.
- 10.5 Dipolo de Hertz eléctrico y magnético.
- 10.6 Antenas.
- 10.7 Partículas cargadas aceleradas.
- 10.8 Potenciales y campos de Liénard-Wiechert.

11. DESCRIPCIÓN COVARIANTE DE LA ELECTRODINÁMICA 10 hrs

- 11.1 Teoría de la relatividad. Cinemática y dinámica relativista.
- 11.2 Espacio-tiempo de Minkowski. Cuadriescalares, cuadvectores y cuadritensores.
- 11.3 Cuadvector de densidad de corriente y densidad de carga. Ecuación de continuidad.
- 11.4 Cuadvector de potencial. Condición de norma de Lorentz. Ecuación de onda.
- 11.5 Densidad de energía de interacción de fuentes distribuidas en presencia del campo de potencial electromagnético. Acoplamiento mínimo.
- 11.6 Cuadritensor de campo electromagnético. Invariantes asociados y sus aplicaciones.
- 11.7 Cuadritensor de esfuerzos, densidad de cantidad de movimiento, vector de Poynting y densidad de energía. Ecuaciones de conservación de cantidad de movimiento-energía.

Bibliografía básica

- Reitz, J.R., Milford, F.J., Christy, R.W., 1979, **Foundations of electromagnetic theory**, Addison-Wesley Pub. Co., Reading, Mass, USA.
- Lorrain, P., Corson, D.R., 1970, **Electromagnetic fields and waves**, W.H. Freeman and Company, San Francisco, USA.
- Jelimenko, O.D., 1966, **Electricity and magnetism**, Appleton Century Cooft Meredith Corporation, N.Y., USA.
- Vanderlinde, J., **Classical electromagnetic theory**, 1993, John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Cook, D.M., 1975, **The theory of the electromagnetic field**, Prentice-Hall, Inc. Englewoods Cliffs, New York, USA.
- Wangsness, R.K., 1979, **Electromagnetic fields**, John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Clemow, P.C., 1973, **An introduction to electromagnetic theory**, Cambridge University Press, USA.

Bibliografía complementaria

- Hauser, W., 1971, **Introduction to the principles of electromagnetism**, Addison-Wesley Pub. Co., Reading, Mass, USA.
- Shadowitz, A., 1988, **The electromagnetic field**, Dover Publications Inc., New York, USA.

Griffiths, D.J., 1989, **Introduction to electrodynamics**, Prentice-Hall, Inc. Englewoods Cliffs, New York, USA.

Heald, M.A., Marion, J.B., 1995, **Classical electromagnetic radiation**, Saunders College Publishing, USA.