

Propiedades Ópticas de Materiales

Carga horaria: 6 horas promedio de clase semanal

Conocimientos previos exigidos: Se requieren conocimientos previos en Electromagnetismo (o eventualmente Ondas o Fenómenos Ondulatorios) y Física del Estado Sólido (o eventualmente Física Moderna, Mecánica Cuántica y/o Estadística).

Objetivo de la asignatura: El objetivo de la asignatura es introducir al estudiante al las Propiedades Ópticas de Materiales. Se pretende encarar los conceptos físicos del tema dentro del área más general de Ciencia de Materiales. Ambos aspectos, fundamentales y aplicaciones concretas, serán cubiertos en el curso. Se introducirán además temas de investigación de frontera en esta área.

Metodología de enseñanza:

Los aspectos fundamentales serán estudiados a través de modelos micro y nanoscópicos simples, introduciendo brevemente los aspectos teóricos conceptualmente más abstractos. Las aplicaciones concretas en métodos y materiales serán expuestos con la mayor generalidad posible, estudiándose en la práctica casos concretos específicos.

El curso tendrá asignado un promedio de 4 horas semanales de clases teóricas. Asimismo se realizarán 2 horas semanales promedio de clases que se alternarán entre resolución de problemas seleccionados y clases de laboratorio. Se espera que el estudiante deba utilizar un número similar al total de horas de docencia directa para el estudio de los temas, resolución de problemas y preparación de informes.

La aprobación del curso se realizará a través de la entrega periódica de problemas seleccionados y la presentación de un tema concreto (cuya preparación debería insumirle al estudiante unas 30 horas) que será elegido de común acuerdo entre el estudiante y el docente. El curso tendrá además un examen final que constará de dos partes. Una parte práctica escrita y una parte teórica oral. Las entregas periódicas de problemas y la presentación permitirán al estudiante exonerar la parte práctica escrita. La parte teórica oral incluirá la presentación de un trabajo avanzado preparado por el estudiante.

Temario:

Introducción:

Tema 1: Propiedades Básicas de la Luz.

Tema 2: Propiedades Básicas de la Materia.

Temas Generales:

Tema 3: Propiedades Ópticas de Metales.

Tema 4: Propiedades Ópticas de Aislantes.

Tema 5: Películas Delgadas.

Tema 6: Propiedades Ópticas de Semiconductores.

Tema 7: Absorción y Emisión de Luz.

Temas Específicos:

Tema 8: Procesos Ópticos No-Lineales y Modulación de la Luz.

Tema 9: Nanofotónica.

Bibliografía:

A. Bibliografía Recomendada:

J. H. Simmons and K. S. Potter, Optical Materials.

O. Stenzel: The Physics of Thin Film Spectra.

B. Bibliografía Sustitutiva y/o Complementaria:

K. C. Kao, Dielectric Phenomena in Solids.

Y. Toyozawa, Optical Processes in Solids.

M. Fox, Optical Properties of Solids.

M. Dressel and G. Grüner, Electrodynamics of Solids.

C. Temas Específicos:

C. F. Bohren and D. R. Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles.

J. L. Pankove, Optical Processes in Semiconductors.

R. H. Bube, Photoelectronic Properties of Semiconductors.

H. Huang and S. W. Koch, Quantum Theory and Optical and Electronic Properties of Semiconductors.

W. Schäfer and M. Wegener, Semiconductor Optics and Transport Phenomena.

P. N. Butcher and D. Cotter, The elements of nonlinear optics.

L. Banyái y S. W. Koch, Semiconductor Quantum Dots.

J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, J. N. Winn, Photonic Crystals.

K. Sakoda, Optical Properties of Photonic Crystals.

K. Inoue, K. Ohtaka, Photonic Crystals: Physics, Fabrication and Applications.

P. R. Prasad: Nanophotonics.

P. W. Milonni, Fast Light, Slow Light and Left-Handed Light.

ANEXOS

1. Temario Detallado Tentativo.

Introducción:

Tema 1: Propiedades Básicas de la Luz: Espectro Electromagnético y Radiación de Cuerpo Negro. Ecuaciones de Maxwell y Ondas Electromagnéticas. Susceptibilidad y Constantes Ópticas. Propagación, Dispersión y Absorción. Relaciones de Kramers-Kronig. Métodos Experimentales de Medida. Instrumentación. Espectroscopia y Microscopía. Elipsometría.

Tema 2: Propiedades Básicas de la Materia: Estructura Cristalina. Estructura Electrónica. Modelo de Electrón Fuertemente Ligado y Casi Libre. Teorema de Bloch. Bandas de Energía. Densidad de Estados. Propiedades Vibracionales: Fonones. Interacción Radiación Materia: Matriz Densidad y Ecuaciones de Bloch.

Temas Generales:

Tema 3: Propiedades Ópticas de Metales: Modelo de Drude. Coloración de los Metales. Ejemplos: Aluminio, Oro, Plata, Cobre. Partículas Metálicas Pequeñas. Plasmones Superficiales. Factores de Forma.

Tema 4: Propiedades Ópticas de Aislantes: Modelo de Lorentz. Transiciones Electrónicas y Vibracionales. Alargamientos Homogéneos e Inhomogéneos. Fórmulas de Cauchy y Sellmeier. Ejemplos: Cuarzo, óxidos metálicos. Fuentes de Color. Modelos de mecánica cuántica y reglas de selección. Relación de Classius-Mosotti. Dispersión: Rayleigh, Brillouin, Raman.

Tema 5: Películas Delgadas: Interfaces planas. Fórmulas de Fresnel. Transmisión y Reflexión (Espeular y Difusa). Atenuación Óptica. Interferencia. Materiales Compuestos: Modelos de Maxwell-Garnett, Bruggeman y Lorentz-Lorenz. Materiales Amorfos: Gráficos de Tauc y Cola de Urbach.

Tema 6: Propiedades Ópticas de Semiconductores: Método $k \cdot p$ y Estructura Electrónica. Masa Efectiva. Estados de Impurezas. Defectos. Excitones. Densidad de Portadores. Semiconductores Directos e Indirectos. Pozos Cuánticos, Hilos Cuánticos y Puntos Cuánticos. Super-redes. Materiales Semiconductores: Procesos de Fabricación.

Tema 7: Absorción y Emisión de Luz: Principio de Frank-Condon. Procesos Radiativos y No-Radiativos. Fotoluminescencia y Electroluminiscencia. Tiempos de Relajación y Constantes de Decaimiento. Efectos Fotovoltaicos. Ganancia Óptica y Láseres.

Temas Específicos:

Tema 8: Procesos Ópticos No-Lineales y Modulación de la Luz: Tratamiento Matemático. Susceptibilidad de 2^o y 3^{er} orden. Mezclas de Ondas. Experimentos de Excitación y Prueba. Efectos Electro-óticos. Birrefringencia. Efecto Kerr. Materiales Fotorefractivos. Efectos Magneto-óticos.

Tema 9: Nanofotónica. Interacciones Ópticas Nanoscópicas. Efectos de Campo Cercano. Láseres. Plasmónica: Aumento del Campo Local, Aperturas sub-longitud de onda y guías de onda plasmónicas. Nanomateriales: Métodos de Crecimiento y Caracterización. Cristales Fotónicos: Cristales uni, bi y tridimensionales, Relaciones de Dispersión, Bandas Prohibidas Ópticas y Modos Evanescentes. Defectos y Guías de Ondas. Velocidad de Grupo e Índice de Refracción Anómalos. Metamateriales y Materiales de Índice de Refracción Negativo.

2. Cronograma Tentativo:

El curso consistirá de dos clases semanales de 2 horas cada una, con clases prácticas y experimentales de promedio de 2 horas semanales. El Cronograma previsto es:

Tema 1: 4 horas.

Tema 2: 6 horas.

Tema 3: 6 horas.

Tema 4: 8 horas.

Tema 5: 8 horas.

Tema 6: 10 horas.

Tema 7: 8 horas.

Tema 8 o 9: 10 horas.

3. Modalidad del curso y procedimiento de evaluación:

El curso constará del dictado de clases teóricas con problemas domiciliarios y clases de aplicaciones experimentales. Los primeros temas (introdutorios) se dictarán de acuerdo a las necesidades de los interesados. Los últimos temas (específicos) se dictarán de acuerdo al interés de los participantes, pudiendo ser preparado parte del mismo por alguno de los estudiantes como parte de sus presentaciones. Las entregas de problemas, los informes de laboratorio y la presentación permitirán al estudiante aprobar el curso y exonerar la parte

práctica escrita del examen. Los estudiantes deberán realizar un trabajo final, que consistirá en la preparación de una monografía y un seminario final, como presentación en la parte oral del examen final.

De no exonerar la parte práctica escrita el estudiante deberá rendir un examen final que tendrá una parte escrita práctica y la parte oral. La parte escrita es la que puede exonerarse con un buen rendimiento en el seguimiento del curso (entrega de problemas, presentaciones a lo largo del curso, las que serán realizadas de común acuerdo con el docente, e informes de laboratorio).

El trabajo final, a diferencia de las presentaciones a lo largo del curso, consistirá en la realización de alguna simulación numérica, diseño específico o trabajo experimental que presentará en forma de seminario del trabajo realizado en la parte oral del examen.