



Programa de PROPIEDADES ÓPTICAS DE MATERIALES

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Propiedades ópticas de materiales

2. CRÉDITOS

15 créditos

3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Objetivos Generales:

El objetivo de la asignatura es introducir al estudiante a 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.

4. 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 expuestas 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 (2 clases semanales de 2 horas cada una). Asimismo, se realizarán aproximadamente 2 horas cada dos semanas de clases de práctico (unas 10 clases de 2 horas cada una). También habrá horario de consultas las semanas que no haya clases de práctico (5 clases de 2 horas cada una). Se espera que el estudiante deba utilizar un número similar al total de horas de docencia directa para el estudio de los temas (unas 30 horas totales) y la resolución de ejercicios (unas 60 horas totales).

La aprobación del curso se realizará a través de la entrega periódica de ejercicios seleccionados y la realización de dos pruebas parciales (de 4 horas cada una). El curso tendrá además un evaluación final que constará de dos partes. Una parte práctica escrita y una parte teórica oral. Las entregas periódicas de ejercicios y las pruebas parciales



permitirán al estudiante exonerar la parte práctica escrita de la evaluación final. La parte teórica oral podrá incluir la presentación de un trabajo avanzado preparado por el estudiante (que le insumirá un total de 30 horas).

Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico): 60
- Horas de clase (práctico): 20
- Horas de consulta: 10
- Horas de evaluación: 8
- Subtotal de horas presenciales: 98
- Horas de estudio: 30
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 60
- Horas evaluación final/monografía: 30
- Total de horas de dedicación del estudiante: 218

5. 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.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. Fotoluminiscencia 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 2º y 3er 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.

6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
Tema 1	(1), (2)	(3), (4), (8)
Tema 2	(2)	(3), (9)
Tema 3	(1), (2)	(4), (8)
Tema 4	(1), (2)	(3)
Tema 5	(1)	(6)
Tema 6	(1), (2)	(3), (4), (6), (7), (8), (9)



Tema 7	(2)	(7)
Tema 8	(2)	(3), (8), (10)
Tema 9	(2)	(5), (7), (8), (9), (11), (12), (13), (14), (15), (16)

6.1 Básica

- 1 O. Stenzel: The Physics of Thin Film Spectra. 2nd Edition. Springer Berlin Heidelberg New York. ISBN 978-3-319-21601-0 (2016).
- 2 M. Fox, Optical Properties of Solids. 2nd Edition. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-957337-0 8 (2010).

6.2 Complementaria

Bibliografía Sustitutiva y/o Complementaria:

- 3 Y. Toyozawa, Optical Processes in Solids.
- 4 M. Dressel and G. Grüner, Electrodynamics of Solids.

C. Temas Específicos:

- 5 C. F. Bohren and D. R. Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles.
- 6 J. L. Pankove, Optical Processes in Semiconductors.
- 7 R. H. Bube, Photoelectronic Properties of Semiconductors.
- 8 H. Huang and S. W. Koch, Quantum Theory and Optical and Electronic Properties of Semiconductors.
- 9 W. Schäfer and M. Wegener, Semiconductor Optics and Transport Phenomena.
- 10 P. N. Butcher and D. Cotter, The elements of nonlinear optics.
- 11 L. Banyái y S. W. Koch, Semiconductor Quantum Dots.
- 12 J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, J. N. Winn, Photonic Crystals.
- 13 K. Sakoda, Optical Properties of Photonic Crystals.
- 14 K. Inoue, K. Ohtaka, Photonic Crystals: Physics, Fabrication and Applications.



- 15 P. R. Prasad: Nanophotonics.
- 16 P. W. Milonni, Fast Light, Slow Light and Left-Handed Light.

7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

7.1 Conocimientos Previos Exigidos: Se requieren conocimientos previos en Cálculo Diferencial e Integral, Ecuaciones Diferenciales y Variable Compleja, Electromagnetismo o eventualmente Ondas o Fenómenos Ondulatorios.

7.2 Conocimientos Previos Recomendados: Física del Estado Sólido (o eventualmente Física Moderna, Mecánica Cuántica y/o Estadística).



ANEXO A

Para todas las Carreras

A1) INSTITUTO

Instituto de Física

A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana 1	Tema 1.
Semana 2	Tema 1.
Semana 3	Tema 2.
Semana 4	Tema 3.
Semana 5	Tema 3.
Semana 6	Tema 4.
Semana 7	Tema 4.
Semana 8	Tema 5.
Semana 9	Tema 5.
Semana 10	Tema 6.
Semana 11	Tema 6.
Semana 12	Tema 6.
Semana 13	Tema 7.
Semana 14	Tema 8.
Semana 15	Tema 9.

A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Los estudiantes realizarán entregas periódicas de ejercicios seleccionados que podrán valer hasta 20 puntos. Habrá dos pruebas parciales que valdrán hasta 40 puntos cada una. Los estudiantes podrán realizar la presentación opcional de un tema seleccionado que podrá valer hasta 10 puntos. El primer parcial se realizará luego de la séptima semana de clases, y el segundo, una vez finalizado el curso. En estos parciales se plantearán ejercicios de desarrollo que el estudiante debe resolver con claridad. Ninguna instancia tiene un puntaje mínimo exigible. Luego de finalizado el curso los estudiantes que hayan ganado el curso deberán realizar una evaluación final de dos partes: una parte práctica escrita y una parte oral. La ganancia del curso se logra acumulando como mínimo 25 puntos. Quien no llegue a 25 puntos deberá recursar. Se podrá exonerar la parte escrita de la evaluación final acumulando como mínimo 60 puntos. La inasistencia a un parcial no inhabilita al estudiante a aprobar o exonerar el curso.



A4) CALIDAD DE LIBRE

La unidad curricular no admite calidad de libre.

A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Cupos mínimos: no tiene
Cupos máximos: no tiene