

## 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 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 cada dos semanas promedio de clases de práctico. 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.

La aprobación del curso se realizará a través de la entrega periódica de problemas seleccionados y pruebas parciales. El curso tendrá además un trabajo final que constará de dos partes. Una parte práctica escrita y una parte teórica oral. Las entregas periódicas de problemas y las pruebas parciales permitirán al estudiante exonerar la parte práctica escrita del trabajo final. La parte teórica oral podrá incluir la presentación de un trabajo avanzado preparado por el estudiante.

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 proyecto 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 Amorfo: 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. 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

### 6.1 Básica

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

### 6.2 Complementaria

#### **Bibliografía Sustitutiva y/o Complementaria:**

K. C. Kao, Dielectric Phenomena in Solids.  
Y. Toyozawa, Optical Proceses in 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.

## 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**

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.

#### **A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

El curso constará del dictado de clases teóricas con ejercicios domiciliarios y clases prácticas de resolución de algunos de estos ejercicios. Los primeros temas (introdutorios) se dictarán de acuerdo a las necesidades de los interesados pudiéndose ver algunos de ellos en las clases prácticas. Los últimos temas (específicos) se dictarán de acuerdo al interés de los participantes, pudiendo ser preparados por parte de los mismos por alguno de los estudiantes para ganar puntos extras. Las entregas periódicas de ejercicios seleccionados y la realización de dos pruebas parciales permitirán al estudiante aprobar el curso y exonerar la parte práctica escrita del trabajo final. Los estudiantes que aprueben el curso deberán realizar el trabajo final que tendrá una parte escrita práctica y una parte oral. El trabajo final podrá centrarse en la preparación de una monografía y un seminario final, como presentación en la parte oral del trabajo final. 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 trabajo final.

Las entregas periódicas de ejercicios seleccionados podrán valer hasta 20 puntos. Los parciales valdrán hasta 40 puntos cada uno. La presentación opcional de un tema seleccionado 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 le plantean ejercicios de desarrollo que el estudiante debe resolver con claridad. Ninguna instancia tiene un puntaje mínimo exigible. La exoneración de la parte escrita del



trabajo final se logra acumulando como mínimo 60 puntos. La ganancia del curso se logra acumulando como mínimo 25 puntos. Quien no llegue a 25 puntos deberá recurrar. La inasistencia a un parcial no inhabilita al estudiante a aprobar o exonerar el curso.

#### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

La Unidad no admite calidad de libre.

#### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

No hay cupos

## **ANEXO B para la carrera de Ingeniería Físico-Matemática.**

### **B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Física

### **B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso:

75 Créditos en Matemática.

75 Créditos en Física.

Curso de Ecuaciones Diferenciales.

Examen de Electromagnetismo o Vibraciones y Ondas.

Examen: No tiene.