

PROPIEDADES ÓPTICAS DE MATERIALES (Curso 2022)

DOCENTE: Ricardo Marotti

khamul@fing.edu.uy

IFFI: 2714 2714 int. 15109

HORARIO:

Teórico: Martes 14:00 a 16:00.

Jueves 16:00 a 18:00.

Práctico: Martes 16:00 a 18:00 (Aprox. cada 2 semanas).

DURACIÓN: 1/8 al 18/11.

PROGRAMA:

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:

The Physics of Thin Film Spectra, O. Stenzel, Springer, ISBN-13 978-3-540-23147-9, 2005.

Optical Properties of Solids. M. Fox. Oxford University Press, ISBN 978-0-19-850612-6, 2001.

B. Bibliografía Sustitutiva y/o Complementaria:

Optical Materials, J. H. Simmons and K. S. Potter, Academic Press, ISBN-10 978-0-12-644140-6, 2000.

K. C. Kao, Dielectric Phenomena in Solids.

Y. Toyozawa, Optical Processes in Solids.

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

EVALUACIÓN DEL CURSO:

INSTANCIA	PUNTAJE
Entregas periódicas de Ejercicios seleccionados.	20
Primer Prueba Parcial.	40
Segunda Prueba Parcial.	40
Trabajos de Laboratorio: ¹	
Modalidad A (Prácticas de Laboratorio Grupales):	10
Modalidad B (Trabajo Especial Individual):	40
Presentaciones Orales de Temas Seleccionados.	5
TOTAL:	100
Aprobación del Curso (Derecho a rendir examen): > 25.	
Exoneración Parte Escrita Examen: > 60.	

EXAMEN FINAL (solo para quienes obtienen > 25 pts):

Práctico: Se exonera con > 60 pts.

Oral: Puede incluir presentación de resultados del Trabajo Especial.

¹ - Supeditados a disponibilidad de muestras y horarios de laboratorio.

Ejemplos de Trabajos de Laboratorio (a coordinar entre docentes y estudiantes):

Modalidad A:

- Dinámica de Filamento de Tungsteno.
- Color de Interferencia.
- Respuesta de un detector.
- Estudio Emisión de LEDs Semiconductores.
- Estudio Espectral de Muestras “Conocidas” (Muestras semiconductoras, materiales luminescentes, fotoresistividad, etc.).
- Determinación de Respuesta Espectral de Instrumentos Ópticos.
- Análisis de datos pre-existentes.

Modalidad B:

- Estudio Espectral de Muestras “Desconocidas”.
- Caracterización de Materiales Ópticos (Ej: Propiedades Eléctricas de Materiales Transparentes).
- Implementación de Métodos de Medida.
- Mejora y Diseño de Equipamientos de Laboratorio.
- Preparación de Trabajos Científicos Específicos de Temas del Curso.

CRONOGRAMA (tentativo):

Semanas	Clases	Tema (*)	Bibliografía (**)
0	26/7	Reunión Inicial.	
1	1/8 al 5/8	Tema 1	1, 2, y 5 / 1 y 2 / 1
2	8/8 al 12/8	Tema 1 y 2	11 / 1/ 2 y 5
3	15/8 al 19/8	Tema 2 y 3.	3, 4 y 6 / 7 / 2

4	22/8 al 26/8 25/8 Día de la Independencia	Tema 3.	3 y 4 / 7 / 2
5	29/8 al 2/9	Tema 3 y 4.	3 y 4 / 2 / 3
6	5/9 a 9/9	Tema 4.	3 y 4 / 2 / 3
7	12/9 al 16/9	Tema 4 y 5.	6 a 9 / - / 3 a 5
8	19/9 al 23/9	Tema 5.	6 a 9 / - / 3 a 5
9	26/9 al 30/9 Primer Prueba del Curso	Tema 5	6 a 9 / - / 3 a 5
10	3/10 al 7/10	Tema 6	12 / 3 a 6 / 5
11	11/10 al 14/10 10/10 Día de la Raza.	Tema 6	12 / 3 a 6 / 5
12	17/10 al 21/10	Tema 6 y 7	10 / 5 / 5
13	24/10 al 28/10	Tema 7	10 / 5 / 5
14	31/10 al 4/11 2/11 Día de los Difuntos	Tema 7	10 / 5 / 5
15	7/11 al 11/11	Tema 8 o Presentaciones Orales	13 / 11 / 7
16	14/11 al 18/11	Tema 9 o Presentaciones Orales	
17	21/11 al 25/11	Prueba Final	

(*) Tema corresponde al del Programa.

(**) Los números indican los capítulos correspondientes en los libros de la Bibliografía Recomendada (en el orden que aparecen en esta).

Prácticos: Aprox. 1 por cada tema. Entrega de Ejercicios Seleccionados (en fechas preestablecidas).

Fecha tentativa Primer Prueba: fecha a determinar. Temas 1 a 3.

Fecha tentativa Segunda Prueba: fecha a determinar. Temas 4 a 7.

Fecha de exámenes: a coordinar con un mes de anticipación.

Entregas de Ejercicios Prácticos:

Práctico	Tema	Semana	Fecha
I	1 – Luz	4	26/8
II	2 – Materia	7	16/9
III	3 – Metales	9	30/9
IV	4 – Aislantes	12	21/10
V	5 – Películas Delgadas	14	4/11
VI	6 – Semiconductores	17	25/11

ANEXOS

1. Temario Detallado Tentativo.

Introducción:

Tema 1: Propiedades Básicas de la Luz: Espectro Electromagnético y Radiación de Cuerpo Negro (St. 10.5; SP 1.1 a 1.3, F A.1). Ecuaciones de Maxwell y Ondas Electromagnéticas (St.2.1; SP 1.4 y 1.5, F A.2) Susceptibilidad (St.2.2) y Constantes Ópticas (St.2.3, F1.2 y 1.3). Propagación (SP: 1.5 y Ap 1A), Dispersión (SP 1.7 y Ap 1B, F 2.3) y Absorción. Relaciones de Kramers-Kronig (St. 5, SP 1.8 y Ap 1C, F 2.2.5). Métodos Experimentales de Medida. Instrumentación. Espectroscopia y Microscopía. Elipsometría (SP 1.11 y 3.5).

Tema 2: Propiedades Básicas de la Materia: Estructura Cristalina (F 1.5.1). Estructura Electrónica (SP 2.1 y 2.4, F 1.5.2). Modelo de Electrón Fuertemente Ligado y Casi Libre (SP 5.3, F Ap. C.2). Teorema de Bloch (SP 5.3.1). Bandas de Energía (SP 5.4, F Ap. C.3). Densidad de Estados (SP 2.4.1 y SP 5.3.2, SP 1.5.4). Propiedades Vibracionales: Fonones (SP 1.10 y Ap 3A, F 1.5.3, 2.1.1 y 2.1.2 y 10.1). Interacción Radiación Materia: Matriz Densidad y Ecuaciones de Bloch (St. Cap. 11).

Temas Generales:

Tema 3: Propiedades Ópticas de Metales: Modelo de Drude (St.3.1, SP 2.2 y 2.3; F 7.1 y 7.2). Coloración de los Metales (SP2.5). Ejemplos:

Aluminio, Oro, Plata, Cobre (F 7.3). Partículas Metálicas Pequeñas (SP2.6 y SP2A). Plasmones Superficiales (St.4.5.3 y 6.3 y 6.4). Factores de Forma (St.3.2.2).

Tema 4: Propiedades Ópticas de Aislantes: (SP 3.1) Modelo de Lorentz (St.3.2, SP 3.2, F 2.2). Transiciones Electrónicas (SP 3.3) y Vibracionales. Alargamientos Homogéneos (St.4.1 y 4.2) e Inhomogéneos (St.4.2). Fórmulas de Cauchy y Sellmeier (St.4.4, SP 3.4.2). Ejemplos: Cuarzo, óxidos metálicos. Fuentes de Color (SP 4.6). Modelos de mecánica cuántica y reglas de selección (SP 3.2.2 y 3.3). Relación de Classius-Mosotti (St.3.2.3, SP 3.4.1, F 2.2.4). Dispersión (SP 3.4.6): Rayleigh, Brillouin (SP3.4.6), Raman (SP3.4.7, F 10.5).

Tema 5: Películas Delgadas: Interfaces planas. Fórmulas de Fresnel (St.6.2, SP 3.4.2). Transmisión (SP 3.4.2) y Reflexión (Espeular y Difusa) (St.6.1, SP 3.4.3). Atenuación Óptica (SP 3.4.4). Interferencia (SP 4.1 y Ap. 4A). Materiales Compuestos (SP AP. 3B): Modelos de Maxwell-Garnett (St.4.5), Bruggeman (St.4.5) y Lorentz-Lorenz (St.3.2.3 y 4.5). Materiales Amorfos: Gráficos de Tauc y Cola de Urbach (St. 12.4 y SP 5.5). (St. Caps. 7 a 9)

Tema 6: Propiedades Ópticas de Semiconductores: Método k.p (SP Ap5C) y Estructura Electrónica (SP 5.4). Masa Efectiva. Estados de Impurezas (SP 5.5). Defectos. Excitones (SP 5.5.3, F 4). Densidad de Portadores (SP 5.6 y Ap 5A). Semiconductores Directos (St. 12.1; SP 5.7.1, SP 5B, F 3.2 y 3.3) e Indirectos (St. 12.3, SP 5.7.2, F 3.4). Pozos Cuánticos, Hilos Cuánticos y Puntos Cuánticos. Super-redes (SP 5.10, F 6). Materiales Semiconductores: Procesos de Fabricación (SP 5.9).

Tema 7: Absorción y Emisión de Luz: Principio de Frank-Condon (F 5.2 y 8.3.3). Procesos Radiativos (F 5.1 y Ap B) y No-Radiativos (St. Cap. 10, SP 5.7.8). Fotoluminiscencia (F 5.3) y electroluminiscencia (SP 5.7.7, F 5.4). Tiempos de Relajación y Constantes de Decaimiento. Efectos Fotovoltaicos (F 3.7). Ganancia Óptica y Láseres (St. 10.7 y SP6, F 5.4.3 y 9.4).

Temas Específicos:

Tema 8: Procesos Ópticos No-Lineales y Modulación de la Luz: (SP CAp. 7) Tratamiento Matemático (St. 13.1, SP 7.2, F 11.1). Susceptibilidad de 2° (St. 13.1.2, SP 7.3, F 11.2 y 11.3) y 3^{er} orden (St. 13.1.3, SP 7.4, F 11.4). Mezclas de Ondas. Experimentos de Excitación y Prueba (SP 7.5). 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.

St: Stenzel

SP: Simmons and Potter

F: Fox

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:

Introducción Temas 1 y 2: 10 horas.

Tema 3: 8 horas.

Tema 4: 8 horas.

Tema 5: 10 horas.

Tema 6: 10 horas.

Tema 7: 10 horas.

Tema 8: 4 horas