

<b>NOMBRE ASIGNATURA</b> Seminario de Investigación I		<b>CLAVE</b> 3224
<b>CARÁCTER</b> Obligatoria	<b>VALOR EN CRÉDITOS</b> 15	<b>No. HORAS</b> 15 Horas Prácticas
<b>SERIACIÓN</b> Ninguna	<b>SEMESTRE</b> Primero	
<b>OBJETIVO</b> Desarrollo del Proyecto de Tesis atendiendo los lineamientos de originalidad, relevancia académica y viabilidad establecidos por la Comisión Académica de Posgrado.		
<b>EVALUACIÓN</b> Defensa oral pública del anteproyecto de tesis y evaluación por parte del Comité Tutorial según formato establecido por la Comisión Académica de Posgrado		
<b>RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA</b> Coordinador/a del Programa		

<b>NOMBRE ASIGNATURA</b> Seminario de Investigación II		<b>CLAVE</b> 3235
<b>CARÁCTER</b> Obligatoria	<b>VALOR EN CRÉDITOS</b> 15	<b>No. HORAS</b> 15 Horas Prácticas
<b>SERIACIÓN</b> Seminario de Investigación I	<b>SEMESTRE</b> Segundo	
<b>OBJETIVO</b> Desarrollo del Trabajo de Investigación establecido en el Proyecto de Tesis.		
<b>EVALUACIÓN</b> Defensa oral pública del avance del trabajo de investigación y evaluación por parte del Comité Tutorial según formato establecido por la Comisión Académica de Posgrado		
<b>RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA</b> Coordinador/a del Programa		

<b>NOMBRE ASIGNATURA</b> Seminario de Investigación III		<b>CLAVE</b> 3226
<b>CARÁCTER</b> Obligatoria	<b>VALOR EN CRÉDITOS</b> 15	<b>No. HORAS</b> 15 Horas Prácticas
<b>SERIACIÓN</b> Seminario de Investigación II	<b>SEMESTRE</b> Tercero	
<b>OBJETIVO</b> Desarrollo del Trabajo de Investigación establecido en el Proyecto de Tesis.		
<b>EVALUACIÓN</b> Defensa oral pública del avance del trabajo de investigación y evaluación por parte del Comité Tutorial según formato establecido por la Comisión Académica de Posgrado		
<b>RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA</b> Coordinador/a del Programa		

<b>NOMBRE ASIGNATURA</b> Avance de Tesis		<b>CLAVE</b> 3227
<b>CARÁCTER</b> Obligatoria	<b>VALOR EN CRÉDITOS</b> 30	<b>No. HORAS</b> 30 Horas Prácticas
<b>SERIACIÓN</b> Seminario de Investigación III Optativa I Optativa II	<b>SEMESTRE</b> Cuarto	
<b>OBJETIVO</b>		

Elaboración de una Monografía que incluya los resultados obtenidos de su trabajo de tesis	
<b>EVALUACIÓN</b> Defensa oral de la Monografía y evaluación detallada por parte del Comité Evaluador de sus conocimientos, tanto de los aspectos particulares como generales relacionados con el trabajo expuesto, así como los resultados obtenidos. Evaluación según formato establecido por la Comisión Académica de Posgrado	
<b>RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA</b> Coordinador/a del Programa	

<b>NOMBRE ASIGNATURA</b> Seminario de Investigación IV		<b>CLAVE</b> 3228
<b>CARÁCTER</b> Obligatoria	<b>VALOR EN CRÉDITOS</b> 15	<b>No. HORAS</b> 15 Horas Prácticas
<b>SERIACIÓN</b> Avance de Tesis	<b>SEMESTRE</b> Quinto	
<b>OBJETIVO</b> Desarrollo del Trabajo de Investigación establecido en el Proyecto de Tesis.		
<b>EVALUACIÓN</b> Defensa oral pública del avance del trabajo de investigación y evaluación por parte del Comité Tutoral según formato establecido por la Comisión Académica de Posgrado		
<b>RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA</b> Coordinador/a del Programa		

<b>NOMBRE ASIGNATURA</b> Seminario de Investigación V		<b>CLAVE</b> 3229
<b>CARÁCTER</b> Obligatoria	<b>VALOR EN CRÉDITOS</b> 15	<b>No. HORAS</b> 15 Horas Prácticas
<b>SERIACIÓN</b> Seminario de Investigación IV	<b>SEMESTRE</b> Sexto	
<b>OBJETIVO</b> Desarrollo del Trabajo de Investigación establecido en el Proyecto de Tesis.		
<b>EVALUACIÓN</b> Defensa oral pública del avance del trabajo de investigación y evaluación por parte del Comité Tutoral según formato establecido por la Comisión Académica de Posgrado		
<b>RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA</b> Coordinador/a del Programa		

<b>NOMBRE ASIGNATURA</b> Seminario de Tesis I		<b>CLAVE</b> 3230
<b>CARÁCTER</b> Obligatoria	<b>VALOR EN CRÉDITOS</b> 10	<b>No. HORAS</b> 10 Horas Prácticas
<b>SERIACIÓN</b> Seminario de Investigación IV		<b>SEMESTRE</b> A partir del sexto
<b>OBJETIVO</b> Elaboración del manuscrito del artículo que incluya los resultados de la investigación y que será sometido a publicación		
<b>EVALUACIÓN</b> Defensa oral pública del manuscrito del artículo y evaluación por parte del Comité Tutoral según formato establecido por la Comisión Académica de Posgrado		
<b>RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA</b> Coordinador/a del Programa		

<b>NOMBRE ASIGNATURA</b> Seminario de Tesis II		<b>CLAVE</b> 3230
<b>CARÁCTER</b> Obligatoria	<b>VALOR EN CRÉDITOS</b> 10	<b>No. HORAS</b> 10 Horas Prácticas
<b>SERIACIÓN</b> Seminario de Investigación IV		<b>SEMESTRE</b> A partir del sexto
<b>OBJETIVO</b> Elaboración del manuscrito de la tesis		
<b>EVALUACIÓN</b> Presentación oral pública del avance del documento final de tesis y evaluación por parte del Comité Tutoral según formato establecido por la Comisión Académica de Posgrado		
<b>RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA</b> Coordinador/a del Programa		

<b>NOMBRE ASIGNATURA</b> TESIS		<b>CLAVE</b> 3232
<b>CARÁCTER</b> Obligatoria , ACREDITABLE	<b>VALOR EN CRÉDITOS</b> 58	<b>No. HORAS</b> -----
<b>SERIACIÓN</b> Seminario de Tesis I Seminario de Tesis II Seminario de Investigación V		<b>SEMESTRE</b> A partir del sexto
<b>OBJETIVO</b> Elaboración del documento final de la tesis		
<b>EVALUACIÓN</b> Aprobación por parte del Jurado de Examen del documento final de tesis, según formato establecido por la Comisión Académica de Posgrado		
<b>RESPONSABLE DE LA ASIGNATURA</b> Coordinador/a del Programa		

## **2861 TEORÍA DE GRUPOS**

### **Objetivos:**

1. Proporcionar los elementos necesarios para que el estudiante pueda manejar los conceptos de Simetría, Clases de Equivalencia y Representación de Grupos.
2. Estudiar los 32 grupos cristalográficos, realizar aplicaciones a cristalografía y física del estado sólido.
3. Aplicar los conceptos de la Teoría de Grupos en las áreas de la Física Molecular y Física de Partículas Elementales.

### **Temario:**

1. Fundamentos de la teoría de grupos.
2. Teoría de la representación de grupos finitos e infinitos.
3. Aplicaciones de la teoría de grupos a la mecánica cuántica.
4. Grupo completo de rotaciones y teoría de momento angular.
5. Aplicaciones de la Teoría de Grupos a la física atómica y molecular.
6. Uso de la teoría de grupos en el campo de la física del estado sólido.

### **Evaluación:**

Tareas Y Exposiciones: 70% . Exámenes Parciales 30%.

### **Bibliografía:**

- Tinkham M., "Group theory and quantum mechanics ", McGraw-Hill, 1964.
- Wybourne B.G. "Lie groups "
- Wigner E. P., "Group theory", Academic Press, 1959.
- Weyl H., "The theory of groups and quantum mechanics ", Dover Publications, 1950.

## 2862 RELATIVIDAD GENERAL

### Objetivo:

En este curso se busca presentar los conceptos fundamentales sobre los cuales se desarrolla la Teoría General de la Relatividad, así como los métodos y alternativas de enfocar los diferentes problemas que se presenten.

### Temario básico:

1. Variedades y Campos Tensoriales.
  - Variedades.
  - Vectores.
  - Tensores, Tensor Métrico.
2. Curvatura.
  - Derivada de Operadores y Transporte Paralelo.
  - Curvatura.
  - Geodésicas .
3. Ecuaciones de Einstein.
4. Cosmologías Homogéneas e Isotrópicas.
5. Solución de Schwarzschild
  - Derivación de la solución.
  - Soluciones interiores.
  - Extensión de Kruskal.
6. Métodos para resolver las Ecuaciones de Einstein.
  - Soluciones Estacionarias Axial-simétricas.
  - Cosmologías espacialmente homogéneas.
  - Soluciones Algebraicas Especiales.
  - Métodos para generar soluciones.
  - Perturbaciones.
7. Singularidades.
8. Formulación del Problema de Valores Iniciales.
9. Espacios Asintóticamente Planos
10. Hoyos Negros
11. Espinores

### Evaluación:

Tareas Y Exposiciones: 70% . Exámenes Parciales 30%.

### Bibliografía:

- Robert M. Wald, "General Relativity", Oxford University Press.
- Kramer, D., Stephanie, H., MacCaltum, M., Herrlt, E., e.u.p. "Exact Solutions of Einstein Field Equations".
- Misner, Thome, Wheeler, "Gravitation", Freemann.
- Einsenhart, "Riemaniann Geometry", Princeton University Press.

## **2863 COSMOLOGÍA**

### **Resumen y contenido de la materia:**

Basado en investigaciones teóricas y observacionales de diversos sistemas extragalácticos, en este curso se estudia la estructura, origen y evolución del universo físico. Se abordan los siguientes grandes temas:

1. Cosmología Relativista.
2. La teoría de la gran explosión.
3. Física del universo temprano.
4. Evolución galáctica.
5. Estructura a gran escala del universo.
6. Galaxias activas y objetos cuasistelares.

El curso se concluye con una revisión de los distintos métodos observacionales que se utilizan para determinar los parámetros cosmológicos.

### **Evaluación:**

Exposiciones en clase y tareas: 70%. Examen único final 30%.

### **Bibliografía básica:**

- Theodore P. Snow, "The Dynamic Universe", Second Edition, West Publishing Company, 1985.
- J. N. Islam, "An introduction to the mathematical cosmology", Cambridge University Press, 1992.
- Review of Scientific American, "Cosmology +1", W. H. Freeman and Company, 1977.

## 2864 GEOMETRÍA DIFERENCIAL

### Objetivo:

En este curso se desarrollan los conceptos fundamentales de la geometría diferencial con un enfoque a la relatividad.

### Contenido:

1. Variedades Diferenciales
  - Espacio tangente
  - Vectores tangentes como derivaciones
  - Campos vectoriales
  - Curvas integrales y flujo
  - Vectores cotangentes
  - Tensores y n-formas
2. Grupo de Lie
  - Definiciones
  - El álgebra de Lie de un grupo de Lie
  - Transformaciones de grupo
  - Transformaciones infinitesimales
3. Haces Fibrados
  - Definiciones
  - Haces fibrados principales
  - Haces asociados
  - Conexiones
  - Transporte paralelo
4. Estructura Geométrica del Espacio Tiempo
  - Espacio tiempo de Minkowski
  - Grupo de Lorentz
  - Vectores temporaloides y espacialoides
  - Relaciones de causalidad
  - Transformación de Spin y el grupo de Lorentz
5. Transformaciones lineales antisimétricas y campos
  - Transformaciones lineales antisimétricas y campos
  - Electromagnéticos
  - Propiedades elementales
  - Subespacio invariante
  - Formas canónicas
6. Introducción a la Teoría de Espinores.

### Evaluación:

Tareas y discusiones en clase, 70%. Exámenes parciales. 30%.

### Bibliografía:

- Chris J. Isham, "Modern Differential Geometry for Physicists", World Scientific.
- Gregory L. Naber, "The Geometry of Minkowski Space Time", Springer-Verlag.
- Roger Penrose, Wolfgang Rindler, "Spinors and Space Time", Cambridge University Press.

## 2865 MÉTODOS MATEMÁTICOS II

### Objetivo:

En este curso se lleva a cabo un análisis de los métodos de solución de ecuaciones diferenciales parciales no lineales en problemas de Mecánica de Fluidos.

### Temario básico:

1. Ecuaciones Diferenciales.
  - Ecuaciones diferenciales parciales de la física
  - Ecuaciones diferenciales de primer orden
  - Método de separación de variables
  - Método de Frobenius
  - Ecuaciones no homogéneas. Método de la función de Green
  - Soluciones numéricas
2. Teoría de Sturm-Liouville, Funciones Ortogonales.
  - Ecuaciones diferenciales autoadjuntas
  - Operadores Hermitianos
  - Ortogonalización de Gram-Schmidt
  - Completés de Eigenfunciones
3. Algunos problemas relacionados con el Laplaciano.
  - El potencial, ecuación de Poisson.
  - Teoría de potencial clásica en problemas de Poisson. Dirichlet, Green y Neumann.
  - Método variacional para las eigenfunciones del Laplaciano.
  - Existencia de eigenfunciones
  - Un problema de estabilidad hidrodinámica, campos irrotacionales y solenoidales.
4. Problemas no lineales, dinámica de fluidos.
  - Propagación de ondas
  - Leyes de conservación de la dinámica de fluidos.
  - Ondas de choque
  - Ondas de sonido y características en una dimensión.
  - Sistemas hiperbólicos.
  - Ecuaciones de la dinámica de fluidos en forma característica.
  - Flujo de información sobre la característica en una dimensión.
  - Características en varias dimensiones, el teorema de Cauchy-Kovalevski.
  - El problema de Riemann y sus generalizaciones
  - Singularidades de flujos.

### Evaluación:

Tareas y exposiciones en clase, 70%. Exámenes parciales, 30%.

### Bibliografía:

- Robert D. Richtmyer, "Principles of advanced mathematical physics", Spring-Verlag.
- George Arfken, "Mathematical methods for physicists", Academic Press Inc.



## 2867 TEORÍA DE MUCHOS CUERPOS

### Objetivos:

Este curso tiene como propósito fundamental introducir el método de las funciones de Green al estudio de los sistemas de muchas partículas interactuantes, donde dicha función juega un papel principal y crucial. El curso está dirigido preferentemente a los estudiantes que inician sus estudios de doctorado en Física. Su objetivo principal es proporcionar los fundamentos de las dos grandes teorías de la física: la física estadística de los sistemas fuera de equilibrio y la teoría cuántica del campo. Como objetivo secundario pretende mostrar como el método de la función de Green es de gran utilidad en el cálculo de las magnitudes físicas fundamentales en la física de la materia condensada, donde cantidades como energía, tiempo de vida de las excitaciones elementales, densidad de estado, potenciales termodinámicos, Coeficiente cinético, secciones eficaces de diferentes procesos de dispersión, etc., se expresan directamente a través de ella. Además conceptos tales como de cuasipartículas, procesos virtuales, partículas vestidas, etc., han surgido o han cobrado su más claro significado en el marco de la aplicación de este método.

### Contenido básico:

1. Función de Green de la ecuación de Schrödinger para una simple partícula.
2. Cuantización secundaria.
3. El operador estadístico.
4. Gases ideales.
5. Teoría de la respuesta lineal.
6. Funciones de Green bitemporales.
7. Función de Green termodinámica.

### Evaluación:

Tareas y exposiciones en clase, 70%. Exámenes parciales, 30%.

### Referencias:

- A. P. Abrikosov, Green Functions
- A. V. Tiablikov, Funciones de Green en la física del estado sólido.
- Ch. Kittel, Quantum theory of solids.
- A. Ajeizer y S. Peletminski, Método de la Física estadística.
- T. Hill, Statistical Mechanics.
- S. V. Tiablicov, Método de la teoría cuántica del magnetismo.
- D. N. Zubarev, Funciones de Green bitemporales en la física estadística.
- R. Riera y A. Jauregui, Funciones de Green en el estudio de muchos cuerpos.

## 2868 OPTOELECTRÓNICA

### Objetivo:

Se hace una introducción al estudio de la electrónica cuántica tocando tópicos tales como la oscilación láser, resonadores ópticos, láseres de diodo semiconductor etc. Se discute el funcionamiento de dispositivos que deben su existencia al campo coherente producido por el láser.

### Temario básico:

**1.** fundamentos de mecánica cuántica y electrodinámica

Formulación matricial de la mecánica cuántica, Vibraciones de la red y su cuantización, Campos electromagnéticos y su cuantización. Propagación de ondas en guías homogéneas y no homogéneas.

**2.** Resonadores ópticos.

Resonadores de espejo esférico, confinamiento de la radiación, frecuencias de resonancia, pérdidas en resonadores. Resonadores inestables.

**3.** Láseres.

Sistemas láser específicos (Ruby,  $\text{Nd}^{3+}$ :YAG, He-Ne, etc) . bombeo y eficiencia.

**4.** Láseres semiconductores.

**5.** Óptica no lineal y generación de segundo armónico .

**6.** Ruido y espectro de la amplificación láser.

**7.** Óptica de ondas guiadas. Propagación en fibras ópticas.

**8.**

### Evaluación:

Tareas y exposiciones en clase: 70%. Exámenes parciales: 30%.

### Bibliografía básica:

- Yariv A., "Quantum Electronics", Third Edition , Wiley, 1988.

## 2869 ÓPTICA NO-LINEAL

### Objetivo:

Se estudian diferentes fenómenos asociados con la interacción de la radiación electromagnética con la materia. Es sabido que dependiendo de la situación en particular pueden darse efectos tales como el de la absorción o emisión multifotónica y el de la generación de armónicos. Se hace hincapié en los aspectos fundamentales.

### Temario básico:

1. Fundamentos. Propagación de ondas electromagnéticas en medios anisotrópicos.
2. Óptica no lineal.  
No linealidades de la polarización, el oscilador anarmónico, regla de Miller, Definición de  $d_{\text{eff}}$ , Ecuaciones de amplitud acopladas, Relaciones de Manley Rowe, Generación de Segundo armónico.
3. Acoplamiento de Fases. Acoplamiento angular, acoplamiento por temperatura. Otros métodos de acoplamiento.
4. Materiales no lineales. Evaluación del polvo de Kurtz.
5. Conversión Paramétrica.

### Evaluación:

Exámenes parciales: 30%. Tareas exposiciones en Clase 70%.

### Referencias básicas:

- M Schubert and Bernd Wilhelmi, Nonlinear Optics and Quantum electronics, Wiley, 1986.
- Y. R. Shen, The principles of nonlinear optics, Wiley, 1984.
- D. L. Mills, Nonlinear optics, Basic concepts. Springer-Verlag, 1991.

## 2871 PROCESAMIENTO DE SEÑALES DIGITALES

### Objetivo:

Se discuten los mecanismos para capturar, manipular y evaluar mediante el uso de computadoras los datos de imágenes y señales. Se hace una introducción al estudio de conceptos y herramientas matemáticas requeridas para el procesamiento digital de imágenes. Se hacen aplicaciones de diferentes algoritmos desarrollados.

### Temario básico:

1. Introducción.  
Componentes de un sistema de procesamiento de imágenes, sensores, almacenamiento y velocidades de procesamiento de imágenes, visión humana y visión de una computadora, gráficos.
2. Formación de imágenes y digitalización.  
Interacción luz-materia, formación de imagen, matriz imagen, el teorema del muestreo, ejemplos.
3. Dominio numérico de espacio y ondas.  
La transformada de Fourier discreta, Transformaciones unitarias discretas, algoritmos rápidos para transformaciones unitarias.
4. Píxeles.  
Combinación de Píxeles, Filtros, Orientación, Escalas, Textura, Segmentación, Forma, clasificación.
5. Proyecciones.
6. Movimiento.
7. Imágenes espacio-temporales.

### Evaluación:

Tareas y exposiciones 70%. Exámenes parciales 30%.

### Bibliografía:

- Bernd Johne, Digital Image Processing, Concepts, Algorithms and Scientific Applications, Springer-Verlag, 1991.
- Pankaj K. Das, Optical signal processing, fundamentals, Springer-Verlag, 1991.
- Robeli J. Shalkoff, Digital image processing and computer vision, Wiley, 1989.

## **2872 FÍSICA DE LÁSERES**

### **Objetivo:**

Se pretende hacer una descripción amplia y unificada del comportamiento LASER. Se discuten diferentes tipos de láseres así como su funcionamiento desde el punto de vista de la física fundamental.

### **Temario básico:**

1. Conceptos Introductorios.  
Emisión espontánea, emisión estimulada, absorción, esquemas de bombeo, monocromaticidad del haz láser, coherencia, direccionalidad.
2. Interacción Radiación-Materia.  
Radiación de Cuerpo Negro, Transiciones permitidas y transiciones prohibidas, Saturación, Niveles degenerados.
3. Procesos de Bombeo.
4. Resonadores ópticos pasivos.
5. Tipos de láseres.
6. Propiedades del haz láser.  
Coherencia, direccionalidad, luz láser y luz térmica, coherencia de orden alto.
7. Transformación del haz láser. Propagación, amplificación, conversión de frecuencia, pulsos.

### **Evaluación:**

Tareas y exposiciones 70%. Exámenes parciales 30%.

### **Referencias básicas:**

- Murray Sargent III, Marlon O. Scully and Willis E. Lamb, Laser Physics, Addison-Wesley, 1977.
- Orazio Svelto, Principles of Lasers, Plenum Press, 1989.

## 2875 MECÁNICA CUÁNTICA AVANZADA

### Contenido:

1. Introducción matemática.  
Álgebra de operadores, principales definiciones y teoremas, representación matricial de la mecánica cuántica, designaciones de Dirac.
2. Cuantización Canónica, representación de Schrödinger, Heisenberg y de interacción.
3. Método de Segunda cuantización, teoría cuántica del oscilador armónico.
4. Amplitud y fase en teoría cuántica de oscilador armónico.
5. Interacción electromagnética.  
Cuantización de Campo electromagnético.  
Función de onda para fotón, estados coherentes.  
Posibles representaciones de operador Hamilton en electrodinámica cuántica.  
Condiciones iniciales.
6. Mecánica Cuántica relativista, ecuaciones de Dirac y Klein-Gordon.
7. Función de Green para la ecuación de Dirac, sistema de dos partículas, diagramas de Feynmann.
8. Interacción de campo electromagnético con el detector (estadística de conteo).  
Estados comprimidos y estadística subpoissonica.
9. Emisión de fotones en sistemas cuánticos.  
Método de solución.  
Operador de Hamilton completo.  
Las transformaciones canónicas y unitaria.
10. Efectos cuánticos e interferencia de luz.  
Funciones de correlación cuántica.
11. Fluctuación cuántica de fotones.

### Evaluación:

Tareas y exposiciones 70%. Exámenes parciales 30%.

### Bibliografía:

- Yariv, Quantum Electronics, 2nd. Edition.
- P. Meystre and M. Sargent, Elements of quantum optics.
- D.F. Walls and GJ. Milburn, Quantum Optics.

## 2876 QUÍMICA CUÁNTICA

### Objetivos:

1. Proporcionar al estudiante las herramientas matemáticas y conceptuales necesarias para el estudio de las propiedades de átomos y moléculas.
2. Explorar los modelos químicos más utilizados en el estudio de sistemas formados por átomos, desde pequeñas moléculas constituidas por átomos ligeros, hasta cúmulos formados por átomos metálicos.
3. Dotar al alumno de un entrenamiento en el manejo de programas de cálculo numérico.

### Temario:

1. Operadores y funciones de onda para sistemas de muchos electrones.
2. Ecuaciones de Hartree-Fock.
3. Aplicación de la Teoría de Hartree-Fock a moléculas de capas cerradas (RHF). Ecuaciones de Roothaan.
4. Estudio de moléculas con capas abiertas. Método de Hartree-Fock no-restringido (UHF).
5. Método de “interacción de configuraciones”.
6. Teoría de Perturbaciones. Métodos de Moller-Plesset MP2 a MP5.
7. Teoría de Funcionales de la Densidad.
8. Cálculo de frecuencias normales de vibración y estudios de Resonancia Magnética Nuclear (RMN).
9. Uso del programa Gaussian para calcular la estructura electrónica de algunas estructuras moleculares relevantes.

### Evaluación:

Tareas y exposiciones en clase 70%. Exámenes parciales 30%.

### Referencias:

- Atilla Szabo and Neil S. Ostlund, Modern Quantum Chemistry, Introduction to Advanced Electronic Structure, McGraw-Hill (1989).
- Frank L. Pilar, Elementary Quantum Chemistry, McGraw-Hill (1968).

## 2877 MECÁNICA CUÁNTICA RELATIVISTA

### Objetivos:

1. Desarrollar los tópicos más especializados de la Mecánica Cuántica, apoyándose en los conocimientos adquiridos en los cursos básicos de Cuántica I y II.
2. Proporcionar la infraestructura para realizar investigación básica y aplicada en las áreas en las que la Mecánica Cuántica tiene mayor relevancia.
3. Preparar al alumno para utilizar las herramientas computacionales en el estudio de los sistemas cuánticos.

### Temario:

1. Teoría Cuántica de Sistemas de Partículas Idénticas. Estadísticas de Bose-Einstein y de Fermi-Dirac.
2. Segunda Cuantización de Sistemas de Bosones Idénticos.
3. Segunda Cuantización de Sistemas de Fermiones Idénticos.
4. Teoría Cuántica Formal de Scattering. Ecuación de Lippmann-Schwinger.
5. Mecánica Cuántica Relativista. Ecuaciones de Klein-Gordon y de Dirac.
6. Introducción a la teoría de Campos Cuánticos Relativistas.

### Evaluación:

Tareas y exposiciones en Clase 70%. Exámenes parciales 30%.

### Referencias:

- S. Davydov, Quantum Mechanics, Pergamon Press Ltd. Second edition (1976).
- Eugene Merzbacher, Quantum Mechanics, John Wiley & Sons, Second edition (1970).
- J.J. Samurái, Advanced Quantum Mechanics, Addison-Wesley (1967).
- James D. Bjorken and Sidney D. Drell, McGraw-Hill (1965).



## 2888 SEMINARIO DE ESTADO SÓLIDO

### Objetivo:

Introducir los conocimientos básicos generales relacionados con materiales iónicos de gap de energía grande, así como explicar el origen de la conductividad eléctrica de estos cristales. Explicar el origen de los niveles permitidos dentro de bandas prohibidas en términos de centros de color e impurezas. Estudiar los procesos de formación de defectos por radiación ionizante. Estudiar la respuesta térmica de materiales expuestos a radiación ionizante mediante la técnica de termoluminiscencia.

### Temario:

1. Cristales halogenuros alcalinos.  
Estructuras cristalinas tipo NaCl, estructura de bandas, energía de cohesión, procesos ópticos y excitones.
2. Defectos en cristales  
Termodinámica de defectos puntuales, defectos de Frankel y Schottky, conductividad eléctrica de cristales iónicos, centros de color, centros de hoyos, centros de impurezas, formación de defectos por radiación.
3. Propiedades ópticas de imperfecciones en medios no metálicos.  
Interacción de la radiación electromagnética y la materia.  
Teoría de campo cristalino.  
Emisión y absorción de radiación.  
Ecuación de Smákula.  
Diagramas de configuraciones.  
Corrimiento de Stokes.
4. Termoluminiscencia (TL) en sólidos.  
Conceptos básicos.  
Teorías elementales de TL.  
Análisis de TL glow curves.  
Factores adicionales que gobiernan la TL.  
Defectos y TL.

### Evaluación:

Tres exámenes parciales, 70%. Revisión de artículos especializados 30%.

### Referencias:

- B. Di Bartolo, Optical interactions in solids, John Wiley & Sons, 1967.
- N. W. Ashcroft and N. David Merlin, Solid State Physics, Holt, Rinehart and Winston, NY, 1976.
- Ch. Kittel, Introduction to Solid State Physics, Sixth Ed., John Wiley & Sons, 1986.

## 2889 ESTADO SÓLIDO I

### Objetivo:

Estudiar y comprender a profundidad los conceptos básicos involucrados en la descripción de las propiedades de transporte de los sólidos. Establecer con precisión las aproximaciones físicas para el tratamiento de la conducción en metales en presencia de Campos y/o gradientes de temperatura aplicados.

El contenido del curso aporta las bases fundamentales en la comprensión de los diferentes temas específicos del estado sólido. Con este material básico, es posible entender el origen de los fenómenos de apantallamiento, clasificar apropiadamente los sólidos (metales, aislantes, etc.), estudiar diferentes tipos de defectos en cristales, etc.

La discusión principal del contenido del curso será enfocada a los efectos que se obtienen de aplicar campos eléctricos a sólidos. Sin embargo, en determinados casos serán considerados el efecto de los campos magnéticos en ciertas propiedades electrónicas. El tema de campos magnéticos por sí mismo es muy extenso y es motivo de un curso por separado.

### Temario Básico:

1. Teoría de Drude de Metales.  
Suposiciones básicas del modelo. Conductividad DC eléctrica de un metal. Efecto Hall y Magnetorresistencia. Conductividad AC eléctrica de un metal. Conductividad térmica de un metal.
2. Teoría de Sommerfeld de Metales.  
Distribución de Fermi-Dirac. Electrones libres. Densidad de vectores de onda permitidos. Temperatura, momentum y energía de Fermi. Energía del estado base. Propiedades térmicas del gas de electrones libres. Teoría conducción de Sommerfeld. Ley de de Wiedemann-Franz.  
Fallas del modelo del electrón libre.
3. Redes Cristalinas.  
Estructuras cristalinas y red de Bravais. Red con una base. Tipos fundamentales de redes en dos dimensiones. Redes tridimensionales y redes de Bravais.  
Estructuras cristalinas simples.
4. La Red Recíproca  
Definiciones y ejemplos. Zonas de Brillouin. Planos red e índices de Miller
5. Determinación de Estructuras Cristalinas por Difracción de Rayos X.  
Formulaciones de Bragg y Von-Laue. La condición de Laue y la construcción de Ewald. Métodos experimentales. Factor de estructura geométrico. Factor de forma atómico.
6. Niveles Electrónicos en un Potencial Periódico.  
Potencial periódico y teorema de Bloch. Condiciones de frontera de Born-von Karman. Segunda prueba del teorema de Bloch. Momento cristalino, índice de banda y velocidad. Superficie de Fermi. Densidad de niveles y singularidades de Van Hove.
7. Electrones en un Potencial Débil.  
Teoría de perturbaciones y potenciales periódicos débiles. Niveles de energía cerca de un plano de Bragg. Bandas de energía en una y tres dimensiones. Zonas de Brillouin. Superficies de Fermi. Factor de estructuras geométrico.
8. El Método de Enlace Fuerte.  
Formulación general del método. Aplicación para bandas de niveles. Características generales del método. Funciones de Wannier.
9. Modelo Semiclásico de Dinámica de Electrones.  
Paquetes de onda de electrones de Bloch. Descripción del modelo.  
Restricciones y consecuencias del modelo. Movimiento en Campos eléctricos estáticos. Teoría general de hoyos. Movimiento en Campos magnéticos uniformes (probable).  
Efecto Hall y magnetorresistencia (probable).
10. Teoría Semiclásica de Conducción en Metales.

La aproximación de tiempo de relajación. Función de distribución electrónica de no-equilibrio. Conductividad DC y AC eléctrica.

Conductividad térmica. Efectos termoeléctricos. Conductividad en campos magnéticos (probable).

**Evaluación:**

Promedio de al menos tres exámenes parciales. Tareas. Exposición de un tema. Participación en clase (apreciación).

**Bibliografía:**

- Neil W. Ashcroft and N. David Mermin, Solid State Physics.
- Charles Kittel, Introduction to Solid State Physics.

## **2892 PELÍCULAS DELGADAS**

### **Objetivo:**

Se dan las bases para los distintos métodos de diseño, manufactura, desarrollo, y aplicación de dispositivos ópticos pasivos (DOP) basados en películas delgadas. Algunos de estos dispositivos son filtros interferenciales, espejos multidieléctricos, divisores de haz, etc. Los métodos de diseño están basados en las ecuaciones de Maxwell y el entendimiento de éstas es parte fundamental del curso y sobre todo la interacción de luz con medios finitos, esto con el fin de comprender los algoritmos desarrollados para el diseño de DOP. Finalmente se analizan los distintos métodos de manufactura, haciendo énfasis en el depósito de películas delgadas por evaporación térmica.

### **Temario Básico:**

1. Introducción y Teoría Básica.  
Aspectos históricos, ondas electromagnéticas, condiciones en la frontera, reflectividad, vector de Poynting, absorción y transmitancia, estructuras multicapas y métodos de estudio.
2. Recubrimientos antirreflectores.
3. Espejos y separadores de haces.
4. Recubrimiento multicapa de alta reflectancia.
5. Filtros. Filtros pasabanda.
6. Métodos de producción de materiales en películas.
7. Monitoreo del espesor de películas y uniformidad.
8. Aplicaciones.

### **Evaluación:**

Tareas y exposiciones en clase, 70%. Exámenes parciales, 30%.

### **Referencia Básica:**

- H. A. Macleod, Thin Film Optical Filters, Macmillan Publishing Company, N.Y., 1986.

## 2893 FÍSICA DE MATERIALES

### Objetivo:

Se busca que el estudiante se familiarice con los materiales vítreos en los siguientes aspectos: histórico, aportaciones del vidrio a la ciencia, procesos de fabricación y técnicas de caracterización. El estudiante conocerá la aplicación real de estos materiales.

### Contenido:

1. Introducción histórica
  - 1.1. Introducción histórica
  - 1.2. El uso del vidrio natural
  - 1.3. El vidrio, su evolución tecnológica y su contribución a la ciencia.
2. Constitución de los vidrios
  - 2.1. Características del estado vítreo
  - 2.2. Etimología y definición del vidrio
    - 2.2.1. Etimología
    - 2.2.2. Definición
  - 2.3. Cristalografía del vidrio
    - 2.3.1. Polarización iónica
    - 2.3.2. Coordinación iónica
    - 2.3.3. La unidad básica estructural de los vidrios de silicato
  - 2.4. Estructura del vidrio
    - 2.4.1. Modelos estructurales
    - 2.4.2. Separación de fases
  - 2.5. Desvitrificación o cristalización del vidrio
    - 2.5.1. Definición
    - 2.5.2. Nucleación
    - 2.5.3. Crecimiento de los cristales
3. Materias primas para la fabricación del vidrio
  - 3.1. Vitrificantes
  - 3.2. Fundentes
4. El proceso de elaboración del vidrio
5. Propiedades ópticas
  - 5.1. Índice de refracción
  - 5.2. Transmisión
  - 5.3. Luminiscencia

### Evaluación:

Tareas y exposiciones en Clase 70%. Un examen final 30%.

### Referencias:

- J. Ma. Fernández Navarro, El vidrio, Boletín de Cerámica y Vidrio, del Consejo Superior de Investigación Científica, Madrid, España (1985).
- H. Rawson, Inorganic glass-forming systems, Academic Press, (1967).

## 2894 FÍSICA DE SEMICONDUCTORES

### Objetivo:

Se discuten las características físicas de los cristales semiconductores clásicos tales como el Silicio y el Germanio. Se estudia en detalle la teoría de bandas electrónicas con la cual se explican aspectos de absorción óptica y otros procesos que involucran excitaciones elementales como el excitón.

### Contenido:

1. Generalidades.
  - 1.1. Redes cristalinas.
  - 1.2. Índices de Miller.
  - 1.3. Estructuras cristalinas: cúbica, hexagonal y zincblenda.
  - 1.4. Red recíproca.
  - 1.5. Difracción de rayos X y Ley de Bragg.
  - 1.6. Factores Geométricos de Estructura.
2. Enlaces.
  - 2.1. Cristales iónicos.
  - 2.2. Cristales covalentes.
  - 2.3. Metales.
3. Fonones.
  - 3.1. Ondas elásticas en sólidos.
  - 3.2. Momento del Fonón.
  - 3.3. Capacidad calorífica.
  - 3.4. Conductividad Térmica.
4. Estructura de bandas.
  - 4.1. Aproximación Adiabática.
  - 4.2. Electrones en un campo periódico.
  - 4.3. Teorema de Bloch.
  - 4.4. Banda prohibida.
  - 4.5. Momento del cristal y masa efectiva.
5. Procesos ópticos en semiconductores.
  - 5.1. Absorción óptica.
  - 5.2. Relaciones de Kramers-Kronig.
  - 5.3. Excitones.
  - 5.4. Dispersión Raman.
6. Efectos de confinamiento.
  - 6.1. Confinamiento por cristales nanométricos.
  - 6.2. Pozos cuánticos.
  - 6.3. Niveles de energía.
  - 6.4. Dispositivos nanoestructurados.

### Evaluación:

Tareas y exposiciones en Clase 70%. Exámenes parciales 30%.

### Bibliografía:

- C. Kittel, Introduction to Solid State Physics.
- N. Ashcroft, N. Mermin, Solid State Physics.
- Pankove, Optical Processes in Semiconductors.
- P. Yu and M. Cardona, Fundamentals of Semiconductors

## 2895 PROPIEDADES OPTICAS DE MATERIALES

### Objetivo:

En este curso se desarrolla la teoría suficiente para entender como están relacionadas la función dieléctrica de los sólidos con su estructura electrónica.

### Contenido:

1. Introducción
  - 1.1. Teoría de bandas de sólidos
  - 1.2. Reflectividad óptica
  - 1.3. Fotoemisión
  - 1.4. Espectros característicos de pérdida de energía
2. Ecuaciones de Maxwell y la función dieléctrica de materiales
  - 2.1. Ecuaciones de Maxwell
  - 2.2. Ecuaciones de Maxwell macroscópicas
  - 2.3. Soluciones formales de las ecuaciones de Maxwell
  - 2.4. Análisis de densidades de carga y corriente
  - 2.5. Propiedades del material
  - 2.6. Interacción de luz con la materia
  - 2.7. Fuentes externas y respuestas inducidas
  - 2.8. Análisis de Fourier de las ecuaciones de Maxwell
  - 2.9. El tensor dieléctrico
3. Absorción y dispersión
  - 3.1. El oscilador de Lorenz
  - 3.2. El modelo de Drude para metales
  - 3.3. Aspectos cualitativos de metales reales
  - 3.4. Fotoemisión del cobre
  - 3.5. Teoría cuántica de absorción y dispersión
  - 3.6. Fuerzas del oscilador y las reglas de suma
  - 3.7. Aplicación de las reglas de suma
  - 3.8. El coeficiente de absorción, Conductividad óptica
4. Metales de electrones libres
  - 4.1. Teoría clásica de metales de electrones libres
  - 4.2. El efecto piel clásico
  - 4.3. El efecto piel anómalo
  - 4.4. Propiedades ópticas y la superficie de Fermi
5. Transiciones interbanda
  - 5.1. Perturbación periódica
  - 5.2. Transiciones de banda directas
  - 5.3. Unión de densidades de estado y puntos críticos
  - 5.4. Transiciones directas en Germanio
  - 5.5. Transiciones directas en Plata: Efectos de temperatura y aleación
  - 5.6. Transiciones indirectas
  - 5.7. El borde de absorción en Ge, AgBr y AgBr(Cl)
  - 5.8. Excitones
  - 5.9. Transiciones directas e indirectas en fotoemisión
  - 5.10. Fotoemisión y transporte de electrones en AL y GaAs
6. Relación de dispersión y Reglas de suma
  - 6.1. Funciones de respuesta lineal y relaciones de Kramers-Kronig
  - 6.2. Reflectividad
  - 6.3. Reglas de suma
7. Plasmones y características de pérdidas de energía

- 7.1. Excitones con electrones en metales
- 7.2. Plasmones en metales simples
- 7.3. El vector de onda de corte del plasmón
- 7.4. Espectros característicos de pérdidas de energías
- 7.5. Plasmones de superficie

**Evaluación:**

Tareas y exposiciones en clase 70%. Exámenes parciales 30%

**Bibliografía:**

- Frederick Wooten, Optical Properties of Solids, Academic Press, (1972).



## 2896 MÉTODOS DE LA FÍSICA EXPERIMENTAL

### Objetivo:

Estudiar las técnicas experimentales más comunes para la obtención de parámetros asociados con fenómenos de procesos estimulados térmicamente, absorción óptica, fotoluminiscencia, resonancia paramagnética electrónica de defectos inducidos en sólidos iónicos.

### Temario:

1. Fundamentos de procesos estimulados térmicamente.  
Introducción, propiedades físicas de cristales no metálicos, defectos en cristales, generación de defectos, termodinámica de defectos.
2. Métodos de análisis de procesos estimulados térmicamente.  
Termoluminiscencia: mecanismos de recombinación, modelos para la termoluminiscencia, cálculo de parámetros.  
Corrientes térmicamente estimuladas: mecanismos de recombinación, modelos para TSC, cálculo de parámetros.  
Corrientes de depolarización estimuladas térmicamente (TC). Polarización eléctrica, movilidad de defectos, cinética de depolarización, cálculo de parámetros.
3. Fundamentos de técnicas ópticas.  
Transiciones electrónicas de defectos, polarización óptica, probabilidad de transición, transferencia de energía entre dos sistemas cuánticos, absorción y emisión.
4. Métodos y modelos de procesos estimulados ópticamente.  
Luminiscencia estimulada ópticamente (OSL), mecanismo de recombinación inducido con luz, modelo OSL, obtención de parámetros.  
Corriente estimulada ópticamente (fotoconductividad), modelo FC, obtención de parámetros.  
Termoluminiscencia inducida por fototransferencia, modelos.
5. Fundamentos de las técnicas electrónicas.  
El espín del electrón, suma de momentos angulares, densidad de carga, átomos bajo la influencia de un campo eléctrico uniforme, átomos bajo la influencia de un campo magnético constante, átomos bajo la influencia de un campo magnético oscilante. Resonancia paramagnética electrónica.
6. Técnicas electrónicas para el estudio de defectos.  
Características generales, resonancia paramagnética electrónica, absorción y luminiscencia de sistemas bajo la influencia de un campo eléctrico, microscopía electrónica.

### Evaluación:

Tareas y discusiones en el grupo: 70% . Examen final: 30%.

### Bibliografía:

- Cohen-Tanoudji, "Quantum Mechanics ", John Wiley & Sons, 1977.
- Agulló López F., Catlow C. R. A., Townsend P. D., "Point defects in materials", Academic Press, London, 1988.
- Braunlich P. (Editor), "Thermally stimulation relaxation in solids. Topics in applied physics, Vol. 37", Springer-Verlag, 1979.
- Bucci R., Fiechi R., Phys. Rev. Letters 12, 16 (1964).
- Chen R., "Thermoluminiscence", 1984.
- Crawford J. H. Jr., Slifkin L. M., "Point defects in solids, Vol. I", Plenum Press, 1972.
- McKeever S.W.S., "Thermoluminiscence of solids", University Press, Cambridge, 1985.
- Piters T. M., "Doctoral Thesis: A Study into the mechanism of thermoluminiscence in LiF:Mg,Ti dosimetry material", 1990.