

Universidad de Puerto Rico  
Recinto de Río Piedras  
Decanato de Estudios Graduado e Investigación

# Catálogo Graduado



**2019-2020**

**Universidad de Puerto Rico**  
**Recinto de Río Piedras**  
**Facultad de Ciencias Naturales**

**Dirección:** Departamento de Física, 17 Ave. Universidad STE 1701, San Juan, Puerto Rico 00925-2537

**Teléfono:** 787-764-0620, 787-764-0000, Ext. 2626

**Fax:** (787) 764-4063

**Correo electrónico:** [ileana.desiderio@upr.edu](mailto:ileana.desiderio@upr.edu)

**GRADO: Doctorado en Filosofía con especialidad en Física-Química**

**PERSONAL DOCENTE:**

**Fouad Aliev**, PhD, Leningrad State University, 1975, Catedrático. Física experimental del estado sólido; física de la materia condensada; cristales líquidos; espectroscopia dieléctrica; medios porosos; técnicas de dispersión estática y dinámica de la luz.

**Rafael Arce**, PhD, University of Wisconsin-Madison, 1971, Catedrático. Fotoquímica y fotofísica de bases purinas y sus derivados; fotoquímica heterogénea de los hidrocarburos aromáticos policíclicos; propiedades fotofísicas y fotoquímicas de los fotosintetizadores; EPR; fotólisis por láser y de pulso. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Bhuiyan, Lutful B.**, PhD, University of London, 1977, Catedrático. Mecánica estadística; física química; estructura y termodinámica de los electrolitos; doble capa eléctrica (EDL); teoría de líquidos.

**Feng, Xianping**, PhD, La Trobe University, Australia, 2000, Catedrático Asociado. Realizó experimentos sobre las interacciones materiales-láser utilizando láser pulsado Nd:YAG; síntesis y análisis de películas delgadas; propiedades de foto emisión, estudios de plasma de alta energía y densidad generados por radiación láser o foco de plasma

**Carlos Cabrera**, PhD, Cornell University, 1987, Catedrático. Electroquímica y ciencia de superficies; nanomateriales para celdas de combustible de metanol directo y baterías de ion de litio, superficies nanoestructuradas; sensores y análisis de superficies. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Juan C. Cersósimo**, PhD, La Plata National University, Argentina, 1986, Catedrático. Astrofísica, estrellas binarias, astroquímica. UPR Recinto de Humacao, Departamento de Física y Electrónica.

**Zhongfang Chen**, PhD, Nankai University, China, 2000, Catedrático Asociado. Química computacional, ciencia computacional de nanomateriales, química física y orgánica. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Ubaldo M. Córdova-Figueroa**, Ph.D. Chemical Engineering, 2008, California Institute of Technology, Assistant Professor. Movimiento dirigido de partículas coloidales mediante reacciones químicas: propulsión osmótica. UPR Recinto de Mayagüez, Departamento de Ingeniería Química.

**Ernesto Esteban**, PhD, University of Notre Dame, 1983, Catedrático. Astrofísica; astroquímica. UPR Recinto de Humacao, Departamento de Física y Electrónica.

**Luis F. Fonseca**, PhD, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, 1985, Catedrático. Física del estado sólido; propiedades ópticas y eléctricas de sólidos cristalinos y amorfos; nanoestructuras semiconductoras; síntesis y propiedades optoelectrónicas.

**Rogério Furlan**, PhD, University of Sao Paulo, Brazil, 1990, Catedrático. Nanofibras para sensores, actuadores y aplicaciones biológicas. UPR Recinto de Humacao, Departamento de Física y Electrónica.

**Kai H. Griebenow**, PhD, University of Dusseldorf, Germany, 1992, Catedrático. Encapsulado de proteínas dirigido a preservar su estructura; enzimología en medios no acuosos; formulaciones proteicas; estabilidad de proteínas; glucosilación de proteínas; relación entre la dinámica estructural proteica y la actividad enzimática; modificación de proteínas con PEG, celdas de biocombustible. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Ana R. Guadalupe**, PhD, Cornell University, 1987, Catedrática. Química analítica, electroquímica; sensores y biosensores químicos; enzimas inmovilizadas; polímeros. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Arturo J. Hernández-Maldonado**, PhD, University of Michigan – Ann Arbor, 2004, Catedrático Asociado. Materiales nanoporosos: diseño, síntesis, propiedades y aplicaciones. UPR Recinto de Mayagüez, Departamento de Ingeniería Química.

**Yasuyuki Ishikawa**, PhD, University of Iowa, 1976, Catedrático. Teoría relativista de muchos cuerpos; ab-initio Monte Carlo / simulación de la dinámica molecular de los sistemas de muchos cuerpos; modelos teóricos y simulación de sistemas electroquímicos. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Ram Katiyar**, PhD, Indian Institute of Science, Bangalore, 1968, Catedrático. Espectroscopia Raman e infrarroja; crecimiento y caracterización de ferroeléctricos; semiconductores transparentes; iones en el estado sólido en películas delgadas y nanocristales para aplicaciones optoelectrónicas; dinámica de fonones. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Física.

**Mayra E. Lebrón Santos**, Ph.D. en Astronomía, 2000, Catedrática Auxiliar, Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Estudio de los gases que rodean a las estrellas jóvenes de alta densidad. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Física.

**Carlos Marín**, PhD, Universidad Autónoma de Madrid, 1997; Rensselaer Polytechnic Institute, 2002, Catedrático Auxiliar.

Producción y caracterización de materiales nanoestructurados; transferencia de calor y masa relacionada con el procesamiento de materiales en la Tierra y el espacio; propiedades electrónicas y termofísicas de materiales sólidos y fundidos a altas temperaturas. UPR Recinto de Mayagüez, Departamento de Ingeniería General.

**Antonio Martínez**, PhD, American University, 1990, Catedrático.

Física de la materia condensada; técnicas de crecimiento epitaxial y ancho de banda prohibida en semiconductores; propiedades de transporte; física de superficies. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Física.

**Olga Mayol**, PhD, University of Puerto Rico – Río Piedras, 1988, Catedrática.

Propiedades químicas, físicas y ópticas de los aerosoles atmosféricos. UPR Recinto de Río Piedras, Programa de Ciencias Ambientales.

**Gerardo Morell**, PhD, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, 1995. Catedrático. Materiales nanoestructurados para aplicaciones electrónicas y biomédicas. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Física.

**Rafael J. Muller**, PhD, Pennsylvania State University, 2002, Catedrático.

Astrofísica; estrellas binarias; instrumentación astronómica; astroquímica. UPR Recinto de Humacao, Departamento de Física y Electrónica.

**Wilfredo Otaño-Rivera**, PhD, Pennsylvania State University, 1998, Catedrático.

Nanolaminados, electrohilado, pulverización catódica. UPR Recinto de Cayey, Departamento de Matemática y Física.

**Ratnakar Palai**, PhD, University of Strathclyde, UK, 2004, Catedrático Auxiliar.

Física de materiales nanoestructurados; dispositivos espintrónicos. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Física.

**Nicholas J. Pinto**, PhD, Montana State University, 1992, Catedrático.

Polímeros; nanofibras funcionales. UPR Recinto de Humacao, Departamento de Física y Electrónica.

**Edwin Quiñones**, PhD, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, 1986, Catedrático. Física química. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Raphael Raptis**, PhD, Texas A&M University, 1988, Catedrático.  
Química inorgánica, química biorgánica; química de los materiales. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Carlos Rinadi**, PhD, Massachusetts Institute of Technology, 2002.  
Materiales nanoestructurados; nanopartículas magnéticas dispersas; síntesis y funcionalización para aplicación en sensores, energía y biomédica. UPR Recinto de Mayagüez, Departamento de Ingeniería Química, Catedrático Auxiliar. University of Florida, Department of Biomedical Engineering, Catedrático.

**José M. Rivera**, PhD, Massachusetts Institute of Technology, 2000, Catedrático Asociado. Química supramolecular, reconocimiento molecular, síntesis orgánica, nanotecnología, química biorgánica, química medicinal. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Ronald G. Selsby**, PhD, Ohio State University, 1969, Catedrático.  
Física Química; energías de ionización moleculares y afinidades electrónicas. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Física.

**Luis G. Rosa**, PhD, University of Nebraska-Lincoln, 2005, Catedrático Auxiliar.  
Interacciones y propiedades entre superficies y nanoestructuras. UPR Recinto de Humacao, Departamento de Física y Electrónica.

**Josee Vedrine-Pauleus**, PhD, University of Princeton, 2006, Catedrático Auxiliar.  
Fabricación y caracterización de celdas solares orgánicas. UPR Recinto de Humacao, Departamento de Física y Electrónica.

**Luis A. Veguilla-Berdecía**, PhD, Howard University, 1964, Catedrático.  
Química teórica; teoría del caos. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química

**Julian Velez**, PhD, University of Illinois, Urbana-Champaign, 2002, Catedrático Asociado. Física de la materia condensada; estructuras electrónicas y propiedades de transporte. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Física.

**Brad R. Weiner**, PhD, University of California - Davis, 1986, Catedrático.  
Dinámicas de reacción molecular en estado gaseoso; fotoquímica y fotofísica láser; cinética de reactivos intermedios en estado gaseoso; fotoprocesos no lineales; transferencia de energía molecular; mecanismos de ablación láser. UPR Recinto de Río Piedras, Departamento de Química.

**Natalya A. Zimbovskaya**, PhD, D.Sc, Russian Academy of Sciences, 1977-1994, Catedrática. Física del estado sólido; estructuras electrónicas y propiedades de transporte. UPR Recinto de Humacao, Departamento de Física y Electrónica.

## REQUISITOS DE ADMISIÓN:

### Requisitos Generales del Recinto de Río Piedras

[http://graduados.uprrp.edu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=105&Itemid=360&lang=es](http://graduados.uprrp.edu/index.php?option=com_content&view=article&id=105&Itemid=360&lang=es)

### Requisitos Específicos del Programa de Maestría

1. *Solicitud de Admisión a Estudios Graduados* en formato electrónico a través de la plataforma de *ApplyYourself*.
2. Poseer un grado de Bachillerato en Física, Química, Ciencia de Materiales, Ingeniería, u otro equivalente, de una institución acreditada en los Estados Unidos o un grado equivalente de una universidad extranjera. Si el estudiante ha cursado estudios graduados previos a ingresar al Programa de Doctorado en Física Química, el expediente académico correspondiente también se tomará en cuenta para su admisión. En todos los casos se evaluará el expediente académico completo de los estudiantes aceptados para determinar la necesidad de compensar algún área de Física o Química; de ser necesario, se asignarán cursos subgraduados específicos a cada caso, durante el primer año de estudios. Estos casos se considerarán como admisión condicional, y los créditos subgraduados recomendados por la coordinadora del programa se incluirán en los nueve créditos requeridos para ser considerado estudiante graduado a tiempo completo, mas no se incluirán en el total de créditos requeridos para completar la maestría.
3. Tener índice académico de 3.0 en una escala de 4.0, o equivalente.
4. Tener conocimiento práctico del idioma inglés, oral y escrito. También se recomienda conocer el idioma español, para enriquecer la experiencia académica y cultural. Es recomendable tomar el examen TOEFL para demostrar que posee conocimiento práctico del inglés. Sin embargo, hay otras maneras de certificar el conocimiento del idioma. Por ejemplo, que el estudiante proceda de una universidad cuyo currículo es en inglés, demuestra que posee conocimiento práctico de ese idioma. El coordinador del programa también puede certificar el conocimiento práctico del inglés del candidato tras realizar una entrevista en inglés.
5. Dos cartas de recomendación.

## REQUISITOS DE GRADUACIÓN:

1. Completar un mínimo de 45 créditos en cursos graduados relacionados a la Física Química. Al menos nueve de los 45 créditos deben ser del nivel 8000. Un mínimo de nueve créditos debe ser en Física. Un mínimo de nueve créditos debe ser en Química. Pueden transferirse hasta 24 créditos relacionados a la Química Física de otros programas.
2. Pasar tres exámenes de grado por escrito al completar el primer año académico en el programa de doctorado: uno en Química Física y dos en Física

(Termodinámica y Mecánica estadística, Electromagnetismo, Mecánica clásica, o Mecánica cuántica).

3. Pasar dos semestres en el Seminario de Química Física y dar un seminario de Física Química.
4. Presentar por escrito y defender una Propuesta de investigación, distinta a la tesis, ante un comité de tesis compuesto por al menos tres profesores del Programa de Física Química, que incluya al menos un miembro del Departamento de Física y uno del Departamento de Química del Recinto de Río Piedras.
5. Completar al menos 24 créditos de Investigación para la tesis.
6. Publicar al menos un artículo relacionado a la investigación de su tesis en una revista arbitrada, donde el estudiante sea el autor principal y el director de tesis sea uno de los coautores.
7. Completar un año de residencia.
8. Presentar por escrito y defender públicamente una Tesis de investigación original ante un comité de tesis compuesto por al menos tres profesores del Programa de Física Química, que incluya al menos un miembro del Departamento de Física y uno del Departamento de Química del Recinto de Río Piedras.
9. Candidatura: Se certificará la candidatura para el doctorado en Física-Química una vez el estudiante pase los exámenes de grado, y mantenga un índice académico mayor de 3.0 en una escala de 4.0. Todos los estudiantes deben pasar los exámenes de grado tras terminar su primer año académico, de lo contrario, serán expulsados del Programa. Es posible conceder extensiones por paternidad, por razones médicas y para estudiantes a tiempo parcial. Aun así, ninguna extensión excederá dos años académicos a partir de la fecha de ingreso al Programa.

### **PROGRAMA DE ESTUDIO:**

Los cursos se seleccionan cada semestre con la ayuda de un coordinador del Programa de Física-Química, tomando en cuenta el trasfondo y las metas profesionales del estudiante.

### **DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS:**

Las descripciones de los cursos a continuación, son las últimas registradas en el Sistema de Información Estudiantil de la Oficina del Registrador del Recinto de Río Piedras al 30 de junio de 2020 a incluir en el Catálogo Graduado 2019-2020.

#### **QUIM 6611 Física Química I**

Tres créditos. Tres conferencias a la semana.

Requisito previo: QUIM 4042 o su equivalente.

Leyes y principios de la química teórica.

### **QUIM 6612 Física Química II**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.  
Requisito previo: QUIM 4042 o su equivalente y QUIM 6611  
Leyes y principios de la química teórica.

### **QUIM 8605 Seminario de Química Física**

Dos créditos.  
Seminario a nivel avanzado sobre temas recientes en la Química Física.

### **QUIM 8606 Seminario de Química Física**

Dos créditos.  
Seminario a nivel avanzado sobre temas recientes en la Química Física.

### **FISI 6401 Métodos de Física Teórica I**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.  
Requisito previo: FISI 4032  
Funciones de una variable compleja, ecuaciones diferenciales parciales de la física. Soluciones generales, series y representación integral. Condiciones de los límites y funciones particulares. Espacios Hilbert, funciones de Green y funciones generalizadas. Ecuaciones integrales, métodos de perturbaciones, teoría de esparcimiento. Energía compleja y propiedades del momentum angular, principios de variación.

### **FISI 6402 Métodos de Física Teórica II**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.  
Requisito previo: FISI 4032  
Funciones de una variable compleja, ecuaciones diferenciales parciales de la física. Soluciones generales, series y representación integral. Condiciones de los límites y funciones particulares. Espacios Hilbert, funciones de Green y funciones generalizadas. Ecuaciones integrales, métodos de perturbaciones, teoría de esparcimiento. Energía compleja y propiedades del momentum angular, principios de variación.

### **FISI 6406 Laboratorio Avanzado I**

Tres créditos. Tres horas de conferencia y tres horas de laboratorio a la semana.  
Requisito previo: Permiso del profesor.  
Experimentos de nivel avanzado en calor, óptica, electromagnetismo, electrónica, física atómica y nuclear con especial dedicación a las técnicas de laboratorio que se usan en la investigación.

### **FISI 6407 Laboratorio Avanzado II**

Tres créditos. Tres horas de conferencia y tres horas de laboratorio a la semana.  
Requisito previo: Permiso del profesor. Experimentos de nivel avanzado en calor, óptica, electromagnetismo, electrónica, física atómica y nuclear con especial dedicación a las técnicas de laboratorio que se usan en la investigación.

### **FISI 6412 Mecánica Avanzada I**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: Permiso del profesor

Principios de variaciones; teorías de Lagrange, Hamilton y Hamilton-Jacobi, analogías mecánico-ópticas. Teoría de pequeñas oscilaciones. La ecuación de ondas en una, dos y tres dimensiones. Teoría de perturbaciones. Teoría de esparcimiento.

### **FISI 6413 Mecánica Avanzada II**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: Permiso del profesor

Principios de variaciones; teorías de Lagrange, Hamilton y Hamilton-Jacobi, analogías mecánico-ópticas. Teoría de pequeñas oscilaciones. La ecuación de ondas en una, dos y tres dimensiones. Teoría de perturbaciones. Teoría de esparcimiento.

### **FISI 6426 Física del Estado Sólido**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: FISI 6451, 6454 (Concurrentemente)

Estudio de estructuras cristalinas, dislocaciones, crecimiento de cristales y energía de ligadura del lattice. Discusión del modelo de electrones libres para la conducción eléctrica y térmica en los metales. La teoría de bandas para conductores y aisladores. Excitones, absorción óptica y luminiscencia.

### **FISI 6431 Teoría Electromagnética**

Tres créditos.

Requisito previo: Permiso del director del departamento

Estudio de la electrostática, teoría de potenciales, teoría magnética, ecuaciones de Maxwell y las ondas en el vacío.

### **FISI 6432 Electrodinámica Clásica**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: FISI 6431

Ecuaciones de Maxwell, leyes de conservación, transformación de gauge y potencial, solución de la ecuación de onda homogénea e inhomogénea. Relatividad. Radiación de una carga acelerada, reacción de radiación. Propiedades del esfuerzo del campo electromagnético.

### **FISI 6438 Microscopia Electrónica Básica**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Este es un curso a nivel introductorio sobre microscopia electrónica para el estudio de materiales. El curso está diseñado de tal modo que incluye una exposición significativa a la instrumentación. También, a fin de utilizar la instrumentación disponible de modo óptimo, los estudiantes adquirirán ciertos conocimientos teóricos y prácticos mediante conferencias cortas. Los temas incluyen lo básico de: preparación de la muestra, microscopia electrónica de barrido, microscopia electrónica de transmisión y determinación de estructuras atómicas.

### **FISI 6441 Teoría Nuclear**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Estructura y sistemática del núcleo. Propiedades de las fuerzas nucleares. El problema de dos cuerpos. Modelos nucleares, reacciones nucleares. Interacción con la radiación electromagnética. Desintegración beta. Introducción a la teoría de Bruckner sobre la materia nuclear.

### **FISI 6451 Mecánica Cuántica I**

Tres créditos.

Requisito previo: Permiso del director del Departamento

Introducción a la ecuación ondulatoria de Schrodinger con aplicaciones simples. problemas de funciones y valores eligen; el oscilador armónico. principio de incertidumbre de Heisenberg. Ecuación ondulatoria para el átomo de hidrogeno y sus soluciones.

### **FISI 6452 Mecánica Cuántica II**

Tres créditos.

Requisito previo: FISI 6451 o su equivalente

Matrices y operadores, espacios Hilbert y teoría de transformaciones. Momentum angular y spin. Sistemas de muchas partículas. Teoría de perturbaciones. Propiedades de simetría y aplicaciones. Teoría del electrón de Dirac e introducción a la electrodinámica cuántica.

### **FISI 6453 Mecánica Cuántica III**

Tres créditos.

Requisito previo: FISI 6451 o su equivalente

Matrices y operadores, espacios Hilbert y teoría de transformaciones. Momentum angular y spin. Sistemas de muchas partículas. Teoría de perturbaciones. Propiedades de simetría y aplicaciones. Teoría del electrón de Dirac e introducción a la electrodinámica cuántica.

### **FISI 6454 Mecánica Estadística**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: FISI 6452

Formulación canónica generalizada de la mecánica cuántica, aplicaciones a varios sistemas termodinámicos. Mecánica estadística irreversible.

### **FISI 6462 Teoría Cuántica de Campos I**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Campos clásicos y ecuaciones de ondas relativistas. Cuantización de los campos ondulatorios. Funciones de Green. Teoría de posición Feynmann. Teoría de matriz S y aplicaciones elementales. Teoría de renormalización. Modelo de Lee. El problema de la fuerza nuclear. El enfoque axiomático. Relaciones de dispersión. Polos de Regge.

### **FISI 6463 Teoría Cuántica de Campos II**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Campos clásicos y ecuaciones de ondas relativistas. Cuantización de los campos ondulatorios. Funciones de Green. Teoría de posición Feynmann. Teoría de matriz S y aplicaciones elementales. Teoría de renormalización. Modelo de Lee. El problema de la fuerza nuclear. El enfoque axiomático. Relaciones de dispersión. Polos de Regge.

### **FISI 6481 Teoría de Grupos y Mecánica Cuántica**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: FISI 6452

Elementos de la teoría de grupos. Grupos espaciales y su representación. Invarianza de las relaciones cinemáticas y dinámicas de la mecánica cuántica sobre los grupos de permutación y de Lorentz. Funciones de Block y zonas Brillouin. Excitaciones elementales.

### **FISI 6483 Tópicos especiales en Física Teórica**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Tópicos seleccionados de acuerdo con las necesidades y preparación del estudiante.

### **FISI 6484 Tópicos especiales en Física Teórica**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Tópicos seleccionados de acuerdo con las necesidades y preparación del estudiante.

### **FISI 6485 Electrónica de Semiconductores**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: FISI 6451

Fundamentos de los semiconductores en la mecánica cuántica, teoría de bandas, emisión, contacto metalo-semiconductor, uniones P-N, transportadores de minoría, atrapamiento, inyecciones, diodos, túnel, transistores, luminiscencia, fotoconductividad, ruido eléctrico en los semiconductores.

### **FISI 6500 Coloquio I y II**

Cero a un crédito. Reuniones semanales

Conferencias por visitantes o por miembros de la facultad sobre investigaciones en varias áreas de la física

### **FISI 6510 Tópicos Avanzados en Física**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: Permiso del director del departamento

Conferencias, discusiones y lecturas sobre tópicos avanzados de física. (Pueden repetirse hasta un máximo de 6 créditos si los tópicos son diferentes).

### **FISI 6896 Continuación de Tesis**

Sin crédito.

Requisito previo: Haber completado todos los requisitos en cursos e investigación correspondientes al grado de maestría.

Este curso permite a aquellos estudiantes del programa de maestría que hayan completado los requisitos de créditos en cursos e investigación; mantenerse como estudiantes activos mientras terminan su trabajo de tesis.

### **FISI 6991 Investigación**

De uno a seis créditos.

Trabajo de investigación supervisado por un miembro del departamento para aquellos que someten su tesis para acreditación.

### **FISI 6995 Seminario de Investigación**

Créditos: 1-3 De uno a tres créditos. Tres horas de seminario a la semana.

Prerrequisito: FISI4032 (Métodos de la Física Matemática) o su equivalente.

Estudios avanzados y discusiones formativas en temas especializados de física. Esta centrado en la discusión de métodos teóricos experimentales de frontera, la discusión de los resultados originales obtenidos en la investigación y lecturas avanzadas de la literatura científica.

### **FISI 8105 Tópico en Ciencia de Materiales**

Créditos: Tres créditos. Horas por acuerdo.

Requisito previo: FISI 4057

Formulación de las propiedades físicas de cristales en notación tensorial, enfatizando la base matemática común de las propiedades y las relaciones termodinámicas entre estas propiedades. Los tópicos a estudiarse incluyen: tensores, paramagnetismo, polarización eléctrica, el tensor de esfuerzo, expansión térmica y el tensor de deformación, piezoelectricidad, elasticidad, propiedades de transporte, efecto electro-óptica.

### **FISI 8115 Espectroscopia Infrarroja y Raman**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: FISI 6451 o su equivalente

Un curso a nivel avanzado sobre la teoría de la interacción de la radiación con la materia y técnicas experimentales relacionadas. Con énfasis sobre las interacciones responsables por la dispersión Raman y la absorción y emisión de radiación infrarroja.

### **FISI 8116 Microscopia Electrónica Avanzada**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Comprende microscopia electrónica de alta resolución y técnicas de espectroscopia aplicadas al estudio de nanomateriales. Las técnicas de microscopia electrónica son esenciales de la caracterización fina de una diversidad de materiales y especialmente de los nanomateriales. Este curso es apropiado para estudiantes graduados que deseen mejorar sus destrezas en la caracterización de materiales usando microscopios electrónicos de alta resolución. Se requiere de una experiencia previa en microscopia electrónica básica de barrido y de transmisión. El curso está diseñado de tal modo que incluye una exposición significativa a la instrumentación de alta resolución. También a fin de utilizar la instrumentación disponible de modo óptimo, los estudiantes adquirirán ciertos conocimientos teóricos y prácticos mediante conferencias cortas. Los temas incluyen: microscopia electrónica de barrido de alta resolución, microscopia electrónica

de transmisión de alta resolución, imágenes de alta resolución difracción electrónica de alta resolución, espectroscopia de rayos X de alta resolución y espectroscopia de pérdida de energía en electrones de alta resolución.

### **FISI 8135 Química y Física de Superficies**

Tres créditos. Horas por acuerdo.

Requisito previo: Permiso del director

Teoría de los estados superficiales en metales. Teoría de adsorción. Método de valencia. Respuestas lineales. Superficies cargadas. Métodos experimentales (auger). Propiedades de sistemas quasi-2-dimensionales. Adsorción y desorción. Eid (Electron-Impact Desorption). Pid (Photo Impact Desorption). Espectroscopia de foto emisión y field emission. Leed (Low Energy Electron Diffraction). Técnicas de formación de películas de sus propiedades.

### **FISI 8145 Electroquímica Avanzada**

Tres créditos. Tres horas de conferencia a la semana.

Las bases estructurales de la electroquímica. Descripción termodinámica de la interfase electrificada. Corriente farádica y no farádica. Teoría de las velocidades electroquímicas. Transferencia de masas. Métodos analíticos con corrientes constantes y voltajes constantes. Aplicaciones mecanísticas de voltametría. Métodos culumétricos y preparativos en química orgánica. Baterías y celdas de combustible.

### **FISI 8991 Investigación para la Tesis en Física-Química**

Créditos: De uno a doce créditos.

Trabajo de investigación hacia la tesis doctoral bajo la consejería de un miembro de la facultad.

### **FISI 8992 Tópicos especiales en Ciencia de Materiales**

Créditos: De uno a cuatro créditos.

Requisito previo: Permiso del director del Departamento de Física.

Formulación de las propiedades físicas de cristales en notación tensorial; enfatizando la base matemática común de las propiedades y las relaciones termodinámicas entre estas propiedades. Los tópicos a estudiarse incluyen: tensores, paramagnetismo, polarización eléctrica, el tensor de esfuerzo, expansión térmica y el tensor de deformación, piezoelectricidad, elasticidad, propiedades de transporte, efecto electro-óptico y actividad óptica.

### **FISI 8994 Tópicos especiales en la Física del Estado Sólido**

Créditos: De uno a cuatro créditos. Horas por acuerdo.

Requisito previo: Permiso del director

Estudio y discusión de varios tópicos en el campo de la física del estado sólido.

### **FISI 8995 Seminario en Física-Química (Química-Física)**

Créditos: De uno a cuatro créditos. Dos horas de conferencia a la semana.

Requisito previo: Ser estudiante del programa doctoral en física-química

Seminarios presentados por estudiantes bajo la supervisión de un miembro de la facultad y con asistencia de parte de la facultad del departamento. El curso se puede repetir hasta un máximo de 2 créditos.

**FISI 8996 Temas especializados en Física-Química**

Créditos: De uno a cuatro créditos. Por acuerdo.

Requisito previo: Permiso del director

Un curso avanzado cubriendo tópicos especiales en el área general de la física-química. El contenido específico en un determinado ofrecimiento será determinado por la necesidad de instrucción en un tópico especializado para acomodar los intereses de investigación de los estudiantes y profesores del programa doctoral en física-química.