

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FÍSICA

Dirección: Universidad de Puerto Rico, Departamento de Física

P.O. Box 70377, San Juan, Puerto Rico 00936-8377

Teléfono: (787) 764-0000, Ext. 88401, 88406, 88404

Correo electrónica: gradprog@fisica.uprrp.edu

GRADO: **Maestría en Ciencias con Especialidad en Física**

INFORMACIÓN GENERAL

El Programa de Maestría en Física está diseñado para:

- Estudiantes de Física que quieren ampliar su conocimiento de los fundamentos de la Física, con el propósito de continuar estudios doctorales en Física o Física Médica en los Estados Unidos o en el extranjero;
- Estudiantes de Física que quieren ampliar sus destrezas en el uso de instrumentos avanzados, con el propósito de trabajar en la industria y en laboratorios federales.

Las facilidades en Física experimental incluyen laboratorios de Materia Condensada y Ciencia de Materiales investigando en Películas delgadas, Espectroscopía y Nanotecnología. Algunas de estas facilidades son: *Materials Characterization Center*, *Nanoscopy Facility* y *Surface Microscopy and Spectroscopy Laboratories*. Los profesores en el área de Astronomía realizan sus investigaciones en el Radiotelescopio de Arecibo y otros observatorios internacionales. En el componente de Física Teórica, los profesores conducen investigación en diversas áreas tales como Mecánica Estadística, Partículas Elementales, Relatividad General, Materia Condensada y Física Química. Varios profesores que trabajan en el área de Física Teórica forman parte del *Laboratory of Theoretical Physics* (LTP). Todas las actividades educativas y de investigación son complementadas por las facilidades de una moderna biblioteca.

PERSONAL DOCENTE DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FÍSICA

Los integrantes del Programa de Maestría en Física ofrecen una base teórica sólida, y una amplia gama de oportunidades de investigación que enriquecen la capacitación profesional de los estudiantes.

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.

Altschuler, Daniel R., PhD, Brandeis University, 1975, Catedrático.

Astronomía, fuentes extragalácticas de ondas de radio; núcleos galácticos activos.

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.

Fonseca, Luis, PhD, Universidad de Puerto Rico, 1985, Catedrático.

Física del estado sólido; propiedades ópticas y eléctricas de sólidos cristalinos y amorfos; nanoestructuras semiconductoras: síntesis y propiedades optoelectrónicas.

Katiyar, Ram S., 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.

Martínez, Antonio, 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.

Morell, Gerardo, PhD, Universidad de Puerto Rico, 1995. Catedrático.

Nanomateriales para la captación de luz (light harvesting) y aplicaciones biomédicas de materiales nanoestructurados.

Nieves, José F., PhD, University of Pennsylvania, 1980, Catedrático.

Física teórica de altas energías.

Olmi, Luca, PhD, University of Florence, 1991, Catedrático Asociado.

Astronomía radial; diseño óptico; estudios de la formación de las estrellas; astroquímica.

Palai, Ratnakar, PhD, University of Strathclyde, UK, 2004, Catedrático Asociado.

Materiales nanoestructurados; dispositivos espintrónicos.

Pantoja, Carmen, PhD, University of Oklahoma, 1995, Catedrática.
Astronomía; análisis espectral; galaxias; cosmología.

Ponce de León, Jaime, PhD, Universidad Central de Venezuela, 1985, Catedrático.
Relatividad general; modelos cosmológicos heterogéneos; la teoría de Kaluza-Klein.

Selsby, Ronald G., PhD, Ohio State University, 1969, Catedrático.
Física Química; energías de ionización moleculares y afinidades electrónicas.

Ubrico, Marcelo R., PhD, University of North Carolina, 1989, Catedrático.
Teoría de campos cuánticos; aplicaciones de grupos cuánticos y geometría a la mecánica estadística cuántica.

Velev, Julian, PhD, University of Illinois, Urbana-Champaign, 2002, Catedrático Asociado.
Física de la materia condensada; estructuras electrónicas y propiedades de transporte.

Requisitos de admisión

La solicitud en línea debe completarse nueve meses antes del inicio del semestre en que se desea ingresar al Programa: <https://app.applyyourself.com/?id=upr-grad#codeword>

Los requisitos de admisión al Programa de Maestría en Física son:

1. Un grado de bachillerato en Física. Si el estudiante ha cursado estudios graduados previos, el expediente académico correspondiente también se tomará en cuenta para su admisión.
2. Tener índice académico de 3.0 en una escala de 4.0, o equivalente.
3. 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.
4. Dos cartas de recomendación.

Admisión condicional:

En todos los casos se evaluará el expediente académico completo de los solicitantes para determinar la necesidad de compensar algún área de la Física, 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. Los estudiantes que hayan recibido admisión condicional deberán cumplir las condiciones requeridas por

el Comité Graduado durante su primer año de estudios graduados. De no cumplirlas, la admisión condicional será cancelada automáticamente, y no podrá ingresar al Programa.

Cursos medulares: (18 créditos)

FISI 6401 Métodos de Física Teórica I

FISI 6412 Mecánica Clásica I

FISI 6431 Teoría Electromagnética

FISI 6451 Mecánica Cuántica I

FISI 6452 Mecánica Cuántica II

FISI 6454 Mecánica Estadística

Requisitos de graduación

El Programa de Maestría en Ciencias en Física otorgará el grado de Maestría en Ciencias en Física a aquellos estudiantes que cumplan los siguientes requisitos:

- 18 créditos en cursos medulares
- 2 créditos en el Coloquio (FISI 6500)
- 6 créditos en Investigación para la Tesis (FISI 6991)
- 6 créditos en electivas en Física, del nivel 6000 en adelante
- presentar un seminario graduado

Progreso académico

Para mostrar progreso académico satisfactorio, el estudiante debe mantener un índice académico igual o mayor de 3.0 cada semestre. También debe demostrar el progreso de su investigación cada semestre, después de pasar los exámenes de grado, con una evaluación satisfactoria en el Seminario de investigación (FISI 6995). Los estudiantes que no cumplan con estos criterios estarán en probatoria por un año. De no cumplir con los requisitos al terminar el año en probatoria, serán expulsados del Programa.

Candidatura para el grado de Maestría en Ciencias en Física

Se certificará la candidatura para la maestría en Física una vez el estudiante pase los exámenes de grado en Mecánica Clásica, Electromagnetismo, Mecánica Estadística y Mecánica Cuántica, 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 completar los cursos medulares, al terminar su primer año académico. 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.

DESCRIPCIÓN DE LOS CURSOS GRADUADOS EN FÍSICA

FISI 6401 Métodos de Física Teórica I

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 4032

Análisis vectorial. Coordenadas curvilíneas y operadores tensoriales diferenciales. Series infinitas: expansiones de Taylor, series potenciales. Funciones de variable compleja. Transformación conforme. Cálculo de residuos. Funciones especiales: Bessel, Legendre, Hermite, y Laguerre. Armónicos esféricos. Aplicaciones de las Funciones de Green a problemas de electrostática.

FISI 6402 Métodos de Física Teórica II

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6401

Series de Fourier. Transformadas integrales: Teorema de convolución. Transformadas de Laplace y de Fourier. Ecuaciones integrales: función generatriz. La teoría de Hilbert-Schmidt. Cálculo de variaciones. Aplicaciones de la ecuación de Euler. Multiplicadores de Lagrange. Variedades y formas diferenciales. Espacio tangente y cotangente. Estrella de Hodge. Variedades Riemannianas: relación con cálculo tensorial clásico.

FISI 6406-6407 Laboratorio Avanzado I-II

Créditos: 6

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Técnicas avanzadas de instrumentación usadas en investigación científica. Estudio de la instrumentación usada en la física experimental. Control computarizado de equipo de investigación; uso y programación de las interfaces de los instrumentos. Técnicas de reducción de ruido. Diseño de circuitos electrónicos y modelaje. Continuación de las técnicas avanzadas de instrumentación usadas en investigación científica. Estudio de la instrumentación usada en la física experimental, con énfasis en las técnicas y equipo de preparación y caracterización.

FISI 6412 Mecánica Avanzada I

Créditos: 3

Coordenadas generalizadas. Las ecuaciones de Lagrange. Ejemplos de las ecuaciones de Lagrange: fuerzas centrales, coordenadas esféricas, sistema de dos partículas, péndulo sencillo y compuesto. Leyes de conservación. Movimiento en un campo central. Colisión de partículas. Dispersión de Rutherford. Oscilaciones pequeñas. Sistemas de coordenadas en rotación. Fuerzas inerciales. Dinámica de cuerpos rígidos. Principios mecánicos generales; principios integrales, la propiedad extrema de la acción, las ecuaciones de Hamilton. Corchetes de Poisson. La acción como función de las coordenadas. Transformaciones canónicas.

FISI 6413 Mecánica Avanzada II

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6412

Teorema de Liouville. Teoría de Hamilton-Jacobi. Analogía óptica-mecánica. Formulación covariante de la relatividad especial. Formulación lagrangiana de la mecánica relativista. Descripción lagrangiana y hamiltoniana para sistemas continuos y campos. Ejemplos de teorías de campo relativistas. El teorema de Noether.

FISI 6426 Física del Estado Sólido

Créditos: 3

Prerrequisitos: FISI 6451, 6454

El retículo cristalino, el retículo recíproco, difracción de rayos X y la estructura cristalina. Teoría clásica del cristal armónico (la matriz dinámica). La teoría cuántica del cristal armónico (fonones). Efectos anarmónicos. Electrones en potenciales periódicos, teoría de bandas.

Dinámica de electrón y conducción en metales. Interacciones electrón-electrón, electrónfonón, fonónfonón. Propiedades dieléctricas y magnéticas.

FISI 6431 Teoría Electromagnética

Créditos: 3

Electrostática: problemas de frontera, funciones de Green para la ecuación de Poisson; expansión multipolar, dieléctricos. Magnetostática y campos variables en el tiempo: Ecuaciones de Maxwell y leyes de conservación, propagación de ondas planas en dieléctricos y medios conductores, guías de onda.

FISI 6432 Electrodinámica Clásica Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6431

Sistemas radiantes simples, teoría especial de la Relatividad. Dinámica de partículas cargadas y campos electromagnéticos. Lagrangiano de campo electrodinámico. Leyes de conservación. Radiación proveniente de cargas en movimiento.

FISI 6438 Microscopia Electrónica Básica

Créditos: 3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Introducción a la microscopia electrónica, esencial para el estudio y la caracterización de una gran variedad de materiales. El curso está diseñado para proveer experiencia considerable en el uso de los instrumentos. Además, los estudiantes recibirán información teórica básica y consejos prácticos, a modo de conferencias breves, con el propósito de aprovechar al máximo los instrumentos disponibles. Incluye temas de fundamentos de preparación de muestras, microscopia electrónica de barrido, microscopia electrónica de transmisión, y determinación estructural.

FISI 6441 Física Nuclear

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6452

Fuerzas nucleares: dispersión nucleón-nucleón y el deuterón. Potencial nuclear fenomenológico y la teoría elemental de Yukawa. Forma y tamaño del núcleo: dispersión de electrones y factores de estructura nucleares, dispersión de neutrones y el modelo óptico. Masa nuclear y energía de enlace: el modelo de la gota líquida y la fórmula semiempírica de masas. Decaimiento alfa y beta. Fisión. Resonancias y reacciones nucleares compuestas, los modelos de capas y colectivo, la teoría de la materia nuclear y el modelo de quarks para nucleones.

FISI 6451 Mecánica Cuántica I

Créditos: 3

Mecánica cuántica no relativista. Desarrollo del formalismo básico que incluye varias representaciones. Problemas unidimensionales. Simetrías y constantes del movimiento. Fuerzas centrales y el momento angular.

FISI 6452 Mecánica Cuántica II

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6451

Mecánica cuántica no relativista. Métodos de perturbación independientes y dependientes del tiempo. Sistemas de partículas idénticas: el espín y las estadísticas. Aplicaciones a átomos y moléculas.

FISI 6453 Mecánica Cuántica III

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6452

Mecánica cuántica relativista y teoría elemental de campos. Teoría de Dirac del electrón. Teoría

de propagadores. Aplicaciones a los procesos de dispersión. Procesos de orden superior y renormalización. La ecuación de Klein-Gordon.

FISI 6454 Mecánica Estadística

Créditos: 3

Formulación canónica generalizada de la mecánica cuántica. Colectividades microcanónica, canónica, macrocanónica, y T-F. Aplicaciones a varios sistemas termodinámicos. Distribuciones Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein, y Fermi-Dirac. Mecánica estadística irreversible.

FISI 6462 Teoría Cuántica de Campos I

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6453

Cuantización de campos libres, simetría y leyes de conservación. El campo de Klein-Gordon: cuantización e interpretación corpuscular, el propagador de Feynman. Segunda cuantización del campo de Dirac: expansiones de momento, covariancia relativista, el propagador para fermiones. Cuantización del campo electromagnético: covariancia, expansiones de momento, el propagador para fotones. El teorema de Wick.

FISI 6463 Teoría Cuántica de Campos II

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6462

Teoría de interacciones: interacción del campo electromagnético cuantizado con una fuente clásica. Interacción del campo cuantizado de Dirac con un potencial clásico. La matriz de dispersión (*S matrix*) y la teoría asintótica, el efecto Compton, aniquilación de pares, vida media del positronio y *Bremsstrahlung*.

FISI 6481 Teoría de Grupos

Créditos: 3

Prerrequisitos: FISI 6452

Grupos y subgrupos. Cosets. Subgrupos invariantes. Grupos factores. Grupos de simetría de poliedros regulares. Representaciones de grupos. Criterios para grupos irreducibles. Caracteres. La representación adjunta. Los coeficientes de Clebsch-Gordan. El grupo simétrico. Las tablas de Young. Grupos continuos. Grupos y álgebra de Lie. Representaciones irreducibles. Grupos de rotación en dos y tres dimensiones. Suma de momentos angulares. Grupos lineales, unitarios, ortogonales y simplécticos. Isomorfismos. Tensores sin traza. Aplicaciones a la física nuclear y atómica. Clasificación de estados de partículas idénticas. El principio de Pauli. El espín isotópico. Espectros nucleares en acoplamiento LS. Supermultipletes.

FISI 6483 Temas Especializados en Física Teórica I

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Curso avanzado sobre temas de la Física teórica, seleccionados según el interés y la necesidad del estudiante.

FISI 6484 Temas Especializados en Física Teórica II

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Curso avanzado sobre temas de la Física teórica, seleccionados según el interés y la necesidad del estudiante.

FISI 6485 Física de Semiconductores

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6451

Fundamentos mecanocuánticos de los dispositivos semiconductores. Heteroestructuras

semiconductoras, uniones PN, pozos cuánticos. Uniones metal-semiconductor, estados de superficie, portadores minoritarios, inyección. Transistores, diodos emisores de luz y láseres. Fabricación de dispositivos.

FISI 6500 Coloquio I-II

Créditos: 1

Los estudiantes participan de conferencias semanales ofrecidas por catedráticos invitados, miembros de la facultad y estudiantes graduados sobre temas actuales de la investigación en la Física. Es requisito que los estudiantes ofrezcan una conferencia en su segundo semestre del Coloquio.

FISI 6510 Temas Avanzados en Física

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Curso avanzado sobre temas de la Física, seleccionados según el interés y la necesidad del estudiante.

FISI 6896 Continuación de Tesis

Crédito: 0

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Este curso permite a los estudiantes graduados que no hayan terminado su tesis, y que hayan cumplido con todos los cursos y créditos de investigación requeridos, mantenerse como estudiantes activos mientras terminan su trabajo de tesis.

FISI 6991 Investigación para la Tesis

Créditos: 1-6

Trabajo de investigación para la disertación Maestría bajo la supervisión de un profesor del departamento.

FISI 6995 Seminario de Investigación

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Trabajo de investigación avanzado bajo la supervisión de un profesor del programa graduado.

FISI 8105 Temas en Ciencia de Materiales

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Curso avanzado sobre temas de la Ciencia de materiales, seleccionados según el interés y la necesidad del estudiante.

FISI 8115 Espectroscopia Infrarroja

Créditos: 3

Prerrequisito: FISI 6451

La teoría de la interacción de la radiación con la materia y técnicas experimentales relacionadas. Énfasis en las interacciones causantes de la dispersión Raman y la absorción y emisión de radiación infrarroja.

FISI 8116 Microscopia Electrónica Avanzada

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Técnicas de espectroscopia y microscopia electrónica de alta resolución, esenciales para el estudio y la caracterización detallada de gran variedad de materiales, especialmente de los nanomateriales. Curso dirigido a estudiantes graduados que deseen ampliar sus conocimientos en la caracterización de materiales mediante el uso de espectroscopia y microscopia de alta

resolución. Experiencia previa en microscopía electrónica básica y microscopía electrónica de transmisión. El curso está diseñado para proveer experiencia considerable en el uso de los instrumentos de alta resolución. Además, los estudiantes recibirán información teórica y consejos prácticos, a modo de conferencias breves, con el propósito de aprovechar al máximo los instrumentos disponibles. Los temas incluyen: microscopía electrónica de barrido de alta resolución, microscopía electrónica de transmisión de alta resolución, microscopía electrónica de transmisión y barrido de alta resolución, imágenes de alta resolución, difracción de electrones de alta resolución, espectroscopía de rayos X de alta resolución, y espectroscopía electrónica de pérdida de energía de alta resolución.

FISI 8135 Física y Química de Superficies

Créditos: 3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Curso avanzado sobre temas de la Ciencia de superficies, seleccionados según el interés y la necesidad del estudiante.

Superficies cristalinas. Termodinámica de superficies. Superficies cargadas: superficies electrostáticas, el dipolo superficial. Adsorción en superficies. Isotermas de adsorción. Ecuación de adsorción de Langmuir. Técnicas experimentales para el estudio de superficies: termodinámica, óptica y difracción. Técnicas de microscopía electrónica, difracción de electrones, rayos X, microscopio de efecto túnel (STM), microscopio de fuerza atómica (AFM). Superficies metálicas, teoría cuántica. Reacciones de los gases sobre las superficies. Catálisis.

FISI 8145 Electroquímica Avanzada

Créditos: 3

Celdas electroquímicas. Clasificación de los electrodos. Interfaces polarizables. Descripción termodinámica de la superficie cargada. El modelo Gouy-Chapman de las interfaces cargadas lisas. El modelo primitivo. El modelo ion-dipolo. Técnicas experimentales para el estudio de los electrodos: voltamperometría, espectroscopía, rayos X, microscopio de efecto túnel (STM), microscopio de fuerza atómica (AFM). Teoría clásica de la adsorción en superficies cristalinas. Transporte a través de interfaces cargadas. Difusión. Reacciones químicas. Electrocinética. Teoría cuántica de la transferencia de electrones. Celdas de combustible.

FISI 8992 Temas Especializados en Ciencia de Materiales

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Curso avanzado sobre temas de la Ciencia de materiales, seleccionados según el interés y la necesidad del estudiante.

FISI 8994 Temas especializados en la Física del Estado Sólido

Créditos: 1-3

Prerrequisito: Autorización del profesor.

Curso avanzado sobre temas de la Física del estado sólido, seleccionados según el interés y la necesidad del estudiante.