

Nombre del Posgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA FÍSICA

§

Grado a Otorgar
Doctor en Ciencias

§

Orientación del Programa
Investigación

§

Campos del Conocimiento que Comprenderá el Programa

- 1.- Modelado
- 2.- Ciencia e Ingeniería de Materiales
- 3.- Estructura de la Materia

§

Dependencia que Presenta el Programa

Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas “Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez”. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

§

Responsables:

Dr. Rafael González Campos, Director de la Facultad,
Dr. Eduardo Salvador Tututi Hernández, Jefe de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad.

CONTENIDO

1. Introducción	3
2. Fundamentación Académica del Programa	4
2.1 Pertinencia del programa	
2.2 Demanda de alumnos	
3. Objetivos del Programa	7
3.1 Objetivo general	
3.2 Objetivos particulares	
4. Perfiles de Ingreso y Egreso	8
4.1 Perfil de ingreso	
4.2 Perfil de egreso	
5. Estructura del Plan de Estudios	9
5.1 Duración del plan de estudios	
5.2 Estructura curricular	
5.3 Líneas de investigación o de trabajo profesional	
5.4 Programas de las actividades académicas	
6. Personal Académico que Participará en el Programa	14
7. Infraestructura y Recursos Financieros	17
8. Normas Complementarias para la Operación del Programa	19
8.1 Ingreso de estudiantes	
8.2 Permanencia y seguimiento de estudiantes	
8.3 Obtención del grado	
8.4 Personal académico	
8.5 Tutor	
8.6 Flexibilidad del plan de estudios	
8.7 Investigación	
9. Plan de Desarrollo del Programa	29
9.1 Introducción	
9.2 Objetivos	
9.3 Estrategias y metas a mediano y largo plazo	
ANEXOS	33
Anexo I: Contenido de las asignaturas	34
Anexo II: Reglamento del Protocolo de Tesis y Avance de Tesis	90
Anexo III: Declaración explícita de principios	94
Anexo IV: Actas de los Consejos Técnicos e Interno de Posgrado	95
Anexo V: Oficios de participación	103
Anexo VI: Estudio de Pertinencia	119
Anexo VII: Currículos	135

1.- Introducción

Las Ciencias Físico-Matemáticas y la Ingeniería desempeñan un papel sumamente importante en el desarrollo de la alta tecnología, así como en la mayoría de las áreas del conocimiento científico como por ejemplo, en las Ciencias Biológicas, de la Salud y las Ciencias de Materiales. La conjunción de todas estas disciplinas es requerida por los problemas que se presentan dentro del Estado y del País. Por ello es muy importante la formación y futura consolidación de grupos de investigación interdisciplinaria así como la formación de recursos humanos y aumentar la madurez académica que logren alcanzar en esas líneas de generación de conocimientos. Esto exige la creación de un programa de posgrado adecuado, que forme recursos humanos especializados, fortalezca y consolide estas ramas de la ciencia aplicada, que son prioritarias para México. Por otra parte, de los datos proporcionados por ANUIES (<http://www.anui.es.mx>) se puede ver que un porcentaje importante de los egresados de licenciatura busca como opción programas de maestría que se encuentren en su entidad (arriba del 70 %), por lo que la implementación de este programa de posgrado aumentará la oferta a nuestros egresados en el estado y a egresados de otros estados.

La Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la UMSNH (FCFM) se ha preocupado por establecer programas de posgrado tanto en las áreas teóricas como aplicadas y experimentales. Tomando en cuenta que uno de los objetivos con los que fue creada la FCFM es el de formar profesionales que apliquen su conocimiento al desarrollo tecnológico en nuestra sociedad y que este objetivo es común en las áreas de la Ingeniería, se consideró la posibilidad de establecer un posgrado que uniera estas áreas que actualmente se trabajan en la UMSNH y que estuviera dirigido a egresados de Ciencias e Ingeniería. Así, en el año de 2004 se empezó a gestar este proyecto que después de múltiples discusiones y consultas con profesores de diversas Facultades de la UMSNH, se llegó a integrar en su forma actual en el año de 2008.

En el 2009 el H. Consejo Universitario aprobó la apertura del Programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Física, iniciando la primera generación en 2010 con un total de 6 alumnos aceptados en el programa. En este año de 2012 egresará la primera generación con un total de 3 estudiantes, los cuales se integrarán al sector laboral o tendrán la necesidad de buscar otras instituciones donde completar su formación hacia a la investigación científica. En el año de 2012 se inició la tercera generación con 8 alumnos de nuevo ingreso. El programa fue aceptado, a partir de julio de 2011, en el PNPC del CONACYT.

En un principio se procedió a revisar los planes de estudio de programas tanto de Licenciatura en Ingeniería Física como de ingeniería en diferentes áreas que existen en el país, así como planes de estudio de Programas de Maestría y Doctorado en áreas afines a la Ingeniería Física. Debido a que estos programas están orientados hacia otras líneas de investigación diferentes de las planteadas en este proyecto, sólo se tomaron ideas sobre la estructura curricular de esos planes de estudio. También se tomaron cuenta los criterios establecidos por el CONACYT para la incorporación de programas de posgrado al PNPC. Además se revisaron planes de estudio de Programas de Posgrado en Ingeniería Física extranjeros. A pesar de que cada programa está orientado a sus propias líneas de

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

investigación, se observa que en todos ellos se hace énfasis en el desarrollo experimental y en la aplicación de los conocimientos teóricos hacia solución de problemas específicos, lo que se ha incorporado a este proyecto.

Se ha visto la necesidad de poder ofrecer soluciones a problemas concurrentes en varias disciplinas técnicas que enfrenta una sociedad moderna como la nuestra y la necesidad de que estudiantes egresados de Ciencias e Ingeniería cuenten con una opción regional para estudiar un posgrado interdisciplinario que les proporcione las herramientas necesarias para coadyuvar a la solución de esos problemas que surgen en la industria y en la sociedad en general.

2. Fundamentación Académica del Programa

El Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física es la continuación natural hacía una carrera de investigación científica del programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Física que se imparte en la FCFM-UMSNH. Como tal, es un programa de continuación del Programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Física, sin embargo, es un programa independiente, ya que al mismo podrán ingresar estudiantes provenientes de otros programas de posgrado. En el año de 2012, egresó la primera generación del programa de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Física con un número de tres graduados, para la siguiente generación en 2013 se calcula que egresarán tres maestros del programa. De acuerdo al número de estudiantes aceptados para la tercera generación, ocho en total, se espera que en dos años egresen la misma cantidad de estudiantes aceptados, por lo que se tendrá un número relativamente grande de potenciales estudiantes del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física, para el 2014.

2.1 Pertinencia del Programa

En el anexo VI se muestra un estudio completo de pertinencia del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física.

a) Aspecto social

El desarrollo tecnológico de los últimos años ha provocado grandes cambios y nuevas tendencias en lo que se refiere a la evolución de las ciencias interdisciplinarias aplicadas a la solución de problemas de la sociedad moderna tales como el deterioro del medio ambiente y algunos problemas urbanos y de comportamiento poblacional.

Encuestas realizadas entre los estudiantes de las Licenciaturas de Ciencias e Ingenierías, muestran que éstos buscan una alternativa para encausar sus inquietudes de superación académica para especializarse en la aplicación de sus conocimientos adquiridos con el objeto de coadyuvar a la solución de problemas como los anteriormente planteados. Desafortunadamente, en Michoacán no existe un Doctorado que cubra sus expectativas. Lo anterior obliga a que algunos de ellos emigren o, peor aún, interrumpen su crecimiento académico, trayendo como consecuencia la falta de recursos humanos adecuadamente preparados y la consiguiente necesidad de importarlos.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

La UMSNH, como parte integrante de nuestra sociedad, no es ajena a las transformaciones que ella experimenta, más aún, es responsable de estar en permanente alerta a estos cambios con el fin de formar cuadros especializados, capaces de enfrentarlos y aprovecharlos en beneficio de la mayor cantidad de gente posible. Para esto, se hace necesario que se fomente la creación de un programa de posgrado como el que proponemos.

La Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la UMSNH puede dedicar mayores recursos al desarrollo y aplicación de la ciencia y la tecnología a la innovación con este posgrado. Este Programa de Doctorado generará proyectos de innovación tecnológica que logren impactar en las actividades sociales y económicas del país.

Es indudable que este Programa de Doctorado permitirá a nuestra Universidad incrementar su calidad académica, y su vinculación (extensión universitaria) con los sectores productivos y de servicios y, en general, tener un mayor impacto social y una más amplia proyección hacia el futuro.

b) Aspecto institucional

En los últimos 35 años, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ha logrado consolidar Programas de Licenciatura, como Físico-Matemáticas, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Química, Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica y Biología, los cuales están considerados como de excelencia. Esto se demuestra con la aceptación de los egresados a posgrados en otras instituciones, nacionales e internacionales o en su incorporación a instituciones de otra índole, tales como la industria o el sector gubernamental. Algunos de los egresados, al concluir sus posgrados, se han colocado como profesores o investigadores en instituciones de prestigio, tanto en universidades como en instituciones de los sectores público o privado. En el período mencionado, la planta docente de las dependencias mencionadas y otras, han conformado grupos de investigación en las áreas de Ingeniería, Física, Matemáticas Aplicadas y Biotecnología. La madurez académica de los profesores-investigadores que conforman estos grupos permite y demanda la existencia de un programa de posgrado cuya finalidad sea la de formar recursos humanos especializados. Las condiciones para poner en marcha este Programa de Doctorado son adecuadas y apropiadas pues se cuenta con el número de profesores-investigadores suficiente así como con la infraestructura adecuada, tal como se muestra en las secciones 6 y 7 de este documento.

Con respecto a la existencia de otros posgrados similares, podemos decir que en los estados de Michoacán, Guanajuato, Jalisco, Colima, Guerrero y Estado de México no existe un Programa de Posgrado que sea similar al que proponemos, solo la Universidad de Nuevo León ofrece un Programa de Posgrado de Maestría y Doctorado en Ingeniería Física Industrial. Por otro lado, a la fecha, se ofrecen Licenciaturas en Ingeniería Física en Guanajuato, San Luis Potosí, DF, Yucatán, Chihuahua, Nuevo León y Puebla. De los posgrados existentes, solo el que ofrece la Universidad Autónoma de Nuevo León tiene una estructura similar pero no igual a la planteada en este proyecto. Es importante mencionar que los distintos Programas Integrales de Desarrollo Institucional (PIFI) dentro del Plan Integral de Desarrollo del Posgrado Nicolaita, han programado (y aprobado) la creación de posgrados similares al de este proyecto. De esta forma consideramos que el Programa de

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Posgrado que se propone en este proyecto está dentro de los planes de desarrollo de la UMSNH.

2.2. Demanda de alumnos

De los estados que colindan con Michoacán, o cercanos a él y exceptuando el DF, puede observarse que solo Querétaro, Jalisco y Guanajuato cuentan con Centros de Investigación en los que se desarrollan actividades similares a las del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. En Querétaro se encuentran el Laboratorio de Investigación en Materiales, CINVESTAV (CINVESTAV-IPN-UQ), y de la UNAM, el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA), Juriquilla, Qro. En Jalisco se encuentra el Centro de Investigación en Materiales y en Guanajuato el Instituto de Física (IFUG), en León, Gto. Todas estas instituciones cuentan con programas en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) y reconocido prestigio nacional. Por lo que es probable que de estos estados no se cuente con una afluencia considerable de estudiantes que hayan estudiado Maestría en el área de Física o Física Aplicada. Estados como Colima y Guerrero no cuentan con posgrados similares al propuesto, y es probable que algunos de los estudiantes de estos estados que deseen desarrollarse en el campo de la Ingeniería Física a nivel Doctorado seleccionen al aquí propuesto como su mejor opción.

En el campo de la Física, prácticamente el total de los estudiantes que estudian Maestría continúan sus Estudios de Doctorado, mientras que en el campo de la Ingeniería estadísticamente se estima que más del 50% de los estudiantes que cursan una Maestría, al concluir ésta, optan por estudiar un Doctorado en una disciplina similar o complementaria a la desarrollada en su Maestría.

De acuerdo a los datos registrados en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Física de la UMSNH, en la primera generación se graduaron 3 estudiantes (todos inscritos ahora a Programas de Doctorado), en la segunda están por graduarse 3 estudiantes, la tercera generación consta de 8 estudiantes. La generación que iniciará en septiembre de 2013 consta de seis alumnos aceptados al Programa. Se observa que el ingreso a partir de que la Maestría fue aceptada en el PNPC (segunda generación) va en notorio aumento. De la Maestría en Ciencias en Ingeniería Física se espera graduar en generaciones futuras un promedio de 8 a 10 estudiantes, que de forma natural continuarán sus estudios a nivel Doctorado según la experiencia en el campo. A estos estudiantes provenientes de la Maestría en Ingeniería Física es razonable estimar que se les unirán por lo menos un número igual de estudiantes provenientes de Maestrías en diversas áreas de la Ingeniería de todo Michoacán y estados vecinos, por lo que se estima una matrícula razonable una vez que el Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física esté dentro del PNPC, con un promedio de ingreso de 15 a 20 estudiantes. La experiencia demuestra que un Programa de Doctorado que no está dentro del PNPC cuenta con un número de estudiantes que fluctúa entre 2 y 4, ya que los estudiantes optan por opciones alternativas que si lo estén, por lo que inmediatamente se procederá a realizar todos los trámites necesarios para ingresar al Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física propuesto al PNPC del CONACYT.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

La estimación de ingreso anual está basada en el estudio de pertinencia que se presenta en el anexo VI.

3. Objetivos del Programa

Se pretende que a nivel nacional y regional, este Programa llegue a tener presencia y llegue a impactar en la solución a los problemas relacionados con desarrollos tecnológicos y científicos que puedan surgir tanto en la ciencia y la industria como en la sociedad en general. También se busca que los egresados del Programa lleguen a incidir en la solución de problemas mediante propuestas innovadoras en donde la interdisciplinariedad es un requisito indispensable.

Con este Programa de Doctorado se pretende además que la Universidad Michoacana incremente su vinculación con los sectores productivos y de servicios para alcanzar un mayor impacto social.

3.1. Objetivo General

Formar científicos con conocimientos sólidos para que participen en labores de investigación, de desarrollo e innovación de nuevas tecnologías y de formación de recursos humanos empleando los conocimientos de la Física, las Matemáticas y la Ingeniería.

3.2. Objetivos Particulares

1.-Formar doctores con conocimientos especializados, habilitados para la aplicación y para la solución de problemas en Ciencia e Ingeniería y para la innovación en alguna de las siguientes áreas:

- a) Modelado.
- b) Ciencia e Ingeniería de Materiales.
- c) Estructura de la Materia.

2.-Formar científicos especializados que puedan incorporarse al mercado laboral y a instituciones de investigación y de enseñanza superior, capaces de generar nuevos conocimientos y de transmitirlos.

3.- Formar doctores cuyo desempeño contribuya al desarrollo social, industrial o ambiental de su entorno mediante el desarrollo de proyectos interdisciplinarios y/o vinculados con la industria del país.

4. Perfiles de Ingreso y Egreso

4.1. Perfil de Ingreso

Conocimientos:

- El aspirante a ingresar al Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física deberá contar con conocimientos y habilidades suficientes adquiridos en algún programa de posgrado con el nivel de Maestría en alguna de las áreas de la Ingeniería (Civil, Química, Eléctrica, Mecánica, Tecnología de la Madera, Electrónica) o en Ciencias Básicas (Ingeniería Física, Física, Física Aplicada, Matemáticas, Química).
- Deberá tener conocimiento sobre la elaboración de reportes técnicos y científicos.
- El aspirante deberá mostrar un nivel del inglés, oral y escrito, equivalente por lo menos, al nivel 6 de inglés del departamento de idiomas de la UMSNH o 450 puntos en el TOEFL.

Habilidades y Cualidades:

- El aspirante deberá mostrar interés en el conocimiento fundamental de las leyes físicas así como un interés en las aplicaciones prácticas de dichas leyes.
- Tener facilidad para el desarrollo de la Física, las Matemáticas y la Ingeniería.
- Deberá tener capacidad para el trabajo individual y en equipo y ser disciplinado en sus estudios.
- El aspirante deberá practicar valores éticos profesionales, así como un respeto a su entorno social y profesional.

4.2. Perfil de Egreso

Conocimientos:

- El egresado contará con conocimientos científicos y tecnológicos sólidos de frontera para proponer soluciones innovadoras a problemas de su especialidad.
- Los conocimientos adquiridos le permitirán modelar fenómenos y resolver problemas diversos ya mencionados en los objetivos de este Programa que surjan dentro de su desarrollo profesional tanto en el sector productivo como en el académico.

Habilidades:

- Contará con una sólida formación que lo habilitará para proponer y dirigir proyectos de investigación dentro de su área de conocimiento, así como para dirigir e integrarse a grupos de investigación de su especialidad e interdisciplinarios. Así como para desarrollarse en actividades de docencia e investigación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

- Para participar en grupos interdisciplinarios, en la solución de problemas en la industria (por ejemplo en energías alternas, eólicas, geotermia, etc.) y en la sociedad (por ejemplo en medicina, en el desarrollo de prototipos de aparatos de rayos X entre otros).
- Para elaborar reportes técnico y científicos, así como para comunicar resultados de trabajos técnicos y científicos en foros nacionales e internacionales.
- Será capaz de identificar, evaluar y proponer estrategias de solución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología.

Cualidades:

- Práctica de valores éticos y profesionales.
- Respeto por su entorno social y profesional.
- Actitud positiva para enfrentar nuevos retos.

5. Estructura del Plan de Estudios

El objetivo de este Programa es el de formar investigadores independientes con el grado de doctor. El grado de doctor lo otorgará la UMSNH a través de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas. Para obtener el grado de doctor, el estudiante deberá cumplir con las asignaturas que el Comité Tutorial le señale durante el primer año del Doctorado y que deberán estar encaminadas hacia la realización del trabajo de investigación. Además, deberá desarrollar un trabajo de investigación cuyos resultados sean originales y publicados en revistas de circulación internacional indexadas de alto impacto y presentados mediante una tesis. Los avances del trabajo de investigación estarán supervisados mediante los Avances de Tesis a los que el estudiante se debe inscribir y aprobar semestralmente. El ingreso al Programa es semestral. Los estudiantes podrán iniciar su Programa de Estudios en el ciclo escolar que empieza en marzo o en el ciclo escolar que empieza en septiembre.

Las asignaturas que el estudiante deberá cursar y aprobar solo durante el primer año del programa quedarán determinadas de común acuerdo entre el Tutor o Director de Tesis y el Comité Tutorial, pudiendo eximir de esta responsabilidad al estudiante. Dependiendo del resultado del examen de diagnóstico, el estudiante deberá cursar y aprobar de manera obligada hasta tres asignaturas de entre la lista:

- 1.-Matemáticas Avanzadas.
- 2.-Electromagnetismo.
- 3.-Estructura de la Materia.
- 4.-Mecánica Clásica y del Medio Continuo.
- 5.-Termostadística.

El Director de Tesis y el Comité Tutorial deberán indicar hasta un máximo de tres asignaturas optativas clave O de la **tabla 5.2** que el estudiante deberá cursar y aprobar

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

durante el primer año. Estas asignaturas deberán estar encaminadas a la realización de la tesis.

5.1. Duración del Plan de Estudios

La duración del Programa del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física será de ocho semestres como máximo, en los que deberán realizar la tesis de doctorado y la defensa de la misma, pudiendo concluir el programa de manera anticipada. Los alumnos inscritos en el programa deberán dedicarse de tiempo completo a sus estudios. En caso de interrupción de los estudios, el alumno deberá solicitar por escrito su reincorporación al Programa al Consejo Interno de Posgrado de la Facultad, siempre y cuando se cumpla con las disposiciones en los artículos 45, 46, 47 y 48 del Reglamento General de Estudios de Posgrado de la UMSNH.

5.2. Estructura Curricular

El mapa curricular del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física contiene asignaturas optativas y actividades de investigación bajo la dirección de un tutor del programa. Como parte de las actividades del programa de doctorado, el alumno deberá acreditar un mínimo de 150 créditos para obtener el grado.

En la tabla siguiente se indican las actividades académicas que el estudiante debe cumplir como requisito para obtener el grado. En caso de que el Comité Tutorial considere pertinente y con el fin de obtener el grado antes de los 8 semestres del programa, el estudiante solo estará obligado a aprobar los avances de tesis que el Comité tutorial le indique, siempre y cuando cumpla con los créditos mínimos necesarios.

Tabla 5.1 Mapa curricular.

SEMESTRE	ACTIVIDAD	CRÉDITOS	INSTALACIÓN
Primer semestre	1.- Asignatura I	8 créditos	A/L
	2.- Asignatura II	8 créditos	A/L
	3.- Avance de tesis I	24 créditos	A/L
Segundo semestre	1.-Asigantura III	8 créditos	A/L
	2.-Avance de tesis II	24 créditos	A/L
Tercer semestre	1.-Avance de tesis III	24 créditos	A/L
	2.- Examen Predoctoral	12 créditos	
Cuarto semestre	Avance de tesis IV	24 créditos	A/L
Quito semestre	Avance de tesis V	24 créditos	A/L
Sexto semestre	Avance de tesis VI	24 créditos	A/L
Séptimo semestre	Avance de tesis VII	24 créditos	A/L
Octavo semestre	Escritura de tesis	0 créditos	

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

150 créditos mínimos necesarios	Total = 204 créditos	
---------------------------------	-------------------------	--

(*) A= Aula, L=Laboratorio

En el transcurso del tercer semestre el estudiante deberá tener aprobado el Examen Predoctoral el cual tendrá una asignación de 12 créditos. El Examen Predoctoral será un examen general de conocimientos sobre las asignaturas básicas y tiene la finalidad de asegurar un dominio del material básico general.

En la siguiente tabla se muestra la información detallada correspondiente a las asignaturas del Programa.

Tabla 5.2 Asignaturas

ASIGNATURAS	CLAVE	HORAS/SEMANA		CRÉDITOS	INSTALACIONES
		TEORÍA	PRACTICA		
Matemáticas Avanzadas	B	4	0	8	A
Electromagnetismo	B	4	0	8	A
Estructura de la Materia	B	4	0	8	A
Mecánica Clásica y del Medio Continuo	B	4	0	8	A
Termostadística	B	4	0	8	A
Mecánica de Fluidos	O	4	0	8	A
Ecuaciones Diferenciales Aplicadas	O	4	0	8	A
Métodos Numéricos	O	2	2	8	A y L
Fenómenos de Transporte	O	4	0	8	A y/o L
Óptica	O	4	0	8	A
Laboratorio de Óptica	O	0	4	8	L
Estadística Aplicada	O	4	0	8	A
Elementos Finitos	O	2	2	8	A y/o L
Elementos de Frontera	O	2	2	8	A y/o L
Física del Estado Sólido	O	4	0	8	A
Propiedades Físicas de Materiales	O	4	0	8	A
Fenómenos Interfaciales	O	2	2	8	A y/o L
Electroquímica	O	2	2	8	A y/o L
Instrumentación	O	2	2	8	A y/o L
Detectores de Radiación Ionizante	O	2	2	8	A y L
Interacción de Radiación-Materia	O	2	2	8	A y/o L
Fenómenos Críticos	O	4	0	8	A
Dinámica no-Lineal y Caos	O	2	2	8	A y/o L
Simulación de Interacción de Muchos Cuerpos	O	4	0	8	A
Introducción al Magnetismo y Materiales Magnéticos	O	3	1	8	A y/o L
Cristales Fotónicos y Metamateriales	O	4	0	8	A
Técnicas de Síntesis de Nanoestructuras	O	3	1	8	A y/o L
Física de Medios Elásticos	O	4	0	8	A
Física de Medios Porosos	O	4	0	8	A
Curso Especial I	O	4-0 (*)	0-4 (**)	8	A/L
Curso Especial II	O	4-0	0-4	8	A/L
Curso Especial III	O	4-0	0-4	8	A/L
Curso Especial IV	O	4-0	0-4	8	A/L

(*)Intervalo de 4 a 0 hrs en el aula, (**) intervalo de 0 a 4 hrs. en el laboratorio. La suma de horas en el aula más horas en el laboratorio debe ser igual a 4hrs/sem.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Las asignaturas de Curso Especial I, II, III y IV, así como los programas y los requisitos de los mismos deberán ser aprobados por el Consejo Interno de Posgrado, previa solicitud del interesado en impartir dicha asignatura.

El Consejo Interno de la División de Estudios de Posgrado (***) determinará las asignaturas optativas que se ofrecerán cada semestre tomando en cuenta la opinión de los tutores y los intereses de los alumnos.

***Cuerpo Colegiado del Programa de Posgrado (ver Secc. 8) (abreviado como Consejo Interno de Posgrado cuando no haya confusión)

El estudiante se reunirá con su Comité Tutorial al menos una vez por semestre para mostrar avances en el programa de estudios. El seguimiento que el Comité Tutorial hará sobre el estudiante queda descrito en la sección 8.2: Permanencia y seguimiento de estudiantes. Para inscribirse a un semestre superior, el alumno deberá tener avalado por su Comité Tutorial su plan de trabajo semestral correspondiente al semestre cursado. El alumno desarrollará su tesis que presentará en forma escrita y defenderá ante una mesa de sinodales designada por el Consejo Interno de Posgrado en un examen de grado. Para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Ingeniería Física, el alumno deberá haber cubierto y/o cumplido las asignaturas y las actividades de investigación que el Comité Tutorial le señale y haber aprobado el examen de grado correspondiente.

5.3. Líneas de Investigación o de Trabajo Profesional

5.3.1. Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento Asociadas al Programa y Profesores que las sustentan (las LGAC que sustentan los profesores que participan en este programa y que están registradas en el PROMEP, tienen objetivos en parte comunes que se traslapan con las líneas de este programa).

CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES

En esta línea se investiga propiedades físicas de materiales (líquidos, sólidos, superconductores, cuasicristales, nanomateriales, películas delgadas, metamateriales, nanoestructuras) tales como la superconductividad, propiedades dieléctricas, magnetismo, absorción de micro-ondas, transporte eléctrico, fenómenos interfaciales, propagación y esparcimiento de luz y sus potenciales aplicaciones en la ingeniería. También se investiga sobre desarrollo de dispositivos ópticos para el monitoreo de procesos físicos, químicos y biológicos.

Los investigadores involucrados en esta línea de investigación son:

Dr. Luis Mariano Hernández Ramírez
Dr. Gonzalo Viramontes Gamboa
Dr. Joaquín de la Torre Medina
Dr. Oracio Navarro Chávez
Dra. Guadalupe Garnica Romo
Dra. Mary Carmen y Monserrat Peña Gomar
Dr. Alberto Mendoza Suárez

Dr. Javier Cruz Mandujano
Dr. Héctor Igor Pérez Aguilar

Laboratorios asociados a esta LGAC

- Laboratorio Interinstitucional de Superconductividad y Magnetismo
- Laboratorio de Sensores Ópticos
- Laboratorio de Fisicoquímica y Fluidos
- Laboratorio de Síntesis y Caracterización de Nanomateriales
- Laboratorio de Películas Delgadas
- Laboratorio de Magnetismo y Nanoestructuras (proyectado)

MODELADO

En esta línea de investigación se estudian modelos de sistemas complejos, flujos de masa y energía en reservorios acuíferos y geotérmicos, propagación de ondas, propiedades elásticas de sólidos, análisis de señales así como modelos descritos por ecuaciones diferenciales parciales. También se estudian sistemas dinámicos y caos y sus aplicaciones tanto en sistemas biológicos como en la ingeniería y la sociedad.

Los investigadores involucrados en esta línea de investigación son:

Dr. Francisco Javier Domínguez Mota
Dr. Rafael González Campos
Dr. Petr Zhevandrov
Dr. Mario Cesar Suárez Arriaga
Dr. Eduardo Salvador Tututi Hernández

Laboratorios asociados a esta LGAC:

- Laboratorio de Vibración y Acústica
- Laboratorio de Cómputo

ESTRUCTURA DE LA MATERIA

La investigación se centra en el estudio de la interacción de la radiación con la materia. En particular, interesa el estudio de interacción de rayos X altamente energéticos con la materia, donde tal radiación se puede dirigir sobre blancos de materia susceptibles a ser traspasados por éstos generando patrones de difracción e interferencia los cuales son empleados por técnicas de reconstrucción de imágenes para explorar en tres dimensiones la estructura interna de los materiales usando la propiedad del contraste de fase. Una de las aplicaciones de esta línea de investigación consiste en la mejora de radiografías alcanzándose una mayor resolución de imagen con menores dosis radiación. En esta línea de investigación también se estudian las estructuras fundamentales de la materia y sus interacciones a bajas y altas energías y sus aplicaciones tanto en la ingeniería como en la medicina.

Los investigadores involucrados en esta línea de investigación son:

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Dr. Eduardo Salvador Tututi Hernández
 Dr. Jorge Isidro Aranda Sánchez
 Dr. Fernando Iguazú Ramírez Zavaleta
 Dr. Luis Villaseñor Cendejas

Laboratorios asociados a esta LGAC:

- Laboratorio de Rayos X (proyectado)
- Laboratorio de Instrumentación (proyectado)

5.4. Programas de las Actividades Académicas

En el Anexo I se muestran los contenidos de cada asignatura del programa. Cada asignatura especifica los contenidos de enseñanza-aprendizaje que habrán de desarrollarse. Se señalan también los métodos de evaluación y la bibliografía mínima recomendada para cada una de las asignaturas que componen el mapa curricular del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física.

6. Personal Académico que participará en el Programa

El personal académico que participa en el programa está constituido por Profesores-Investigadores adscritos a las siguientes Dependencias e Instituciones: Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Facultad de Ingeniería Civil, IFM-UMSNH y Universidad Nacional Autónoma de México. Dentro estos distinguimos a los que son Profesores Invitados del programa y los que pertenecen al Núcleo Académico Básico. En la siguiente tabla se muestran los nombres e información académica del personal académico:

TABLA 6.1

NOMBRE	GRADO E INSTITUCIÓN	NOM-BRA-MIENTO	SNI	PERFIL PROMEP	TIPO DE PARTICIPACION	ASIGNATURAS A IMPARTIR	HORAS DEDICADAS	CUERPO ACADÉMICO	LGAC
Jorge Isidro Aranda	Doctor (CINVESTAV)	Prof. Inv. TC Tit. C	I	Si	Tutor	Matemáticas Avanzadas, Electromagnetismo, Simulación de Interacción de Muchos cuerpos, Termostadística, Estructura de la Materia, Mecánica Clásica y del Medio Continuo, Interacción de Radiación-Materia, Detectores de Radiación Ionizante, Curso Especial.	10	FÍSICA TEÓRICA Y APLICADA	PROCESOS DE DISPERSIÓN DE PARTICULAS ELEMENTALES /MODELADO DE PROCESOS FÍSICOS
Mario César Suárez Arriaga	Doctor (UNAM)	Prof. Inv. TC Tit. C	I	Si	Tutor	Física de Medios Elásticos, Física de Medios Porosos, Elementos Finitos, Elementos de Frontera, Mecánica de Fluidos, Fenómenos de Transporte, Curso Especial.	10	MATEMÁTICAS APLICADAS	ANÁLISIS NUMÉRICO Y OPTIMIZACIÓN
Rafael González Campos	Doctor (UAM)	Prof. Inv. TC Tit. C	II	Si	Tutor	Matemáticas Avanzadas, Ecuaciones Diferenciales Aplicadas, Fenómenos de Transporte, Electromagnetismo, Mecánica de Fluidos, Estadística Aplicada, Dinámica no-Lineal y Caos, Estructura de la Materia, Curso Especial.	10	ANÁLISIS MATEMÁTICO	ANÁLISIS DE MODELOS DISCRETOS
Javier Cruz	Doctor	Prof. Inv.	No	Si	Profesor		10	PENDIENT	TÉCNICAS ÓPTICAS

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Mandujano	(CIO)	TC Tit. C			Invitado	Laboratorio de Óptica, Óptica, Electromagnetismo, Matemáticas Avanzadas, Física del Estado Sólido, Instrumentación, Curso Especial.		E	PARA LA DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN SÓLIDOS Y ESPECTROSCOPIAS ÓPTICAS
Francisco Domínguez Mota	Doctor (UNAM)	Prof. Inv. TC Tit. B	I	Si	Tutor	Matemáticas Avanzadas, Estadística Aplicada, Elementos Finitos, Elementos de Frontera, Dinámica no-Lineal y Caos, Ecuaciones Diferenciales Aplicadas, Curso Especial.	10	MATEMÁTICAS APLICADAS	ANÁLISIS NUMÉRICO Y OPTIMIZACIÓN
Gonzalo Viramontes Gamboa	Doctor (UASLP)	Prof. Inv. TC Tit. B	I	Si	Tutor	Fenómenos de Transporte, Electromagnetismo, Mecánica de Fluidos, Fenómenos Interfaciales, Electroquímica, Estructura de la Materia, Termostadística, Mecánica Clásica y del Medio Continuo, Fenómenos Críticos, Curso Especial.	10	FISICA EXPERIMENTAL	ESTUDIO ÓPTICO DE FENÓMENOS DE INTERFASE, CARACTERIZACIÓN ÓPTICA Y QUÍMICA DE MATERIALES
Guadalupe Garnica Romo	Doctor (UAQ)	Prof. Inv. TC Tit. C	I	Si	Profesor Invitado	Propiedades Físicas de Materiales, Introducción al Magnetismo y Materiales Magnéticos, Técnicas de Síntesis de Nanoestructuras, Electromagnetismo, Curso Especial.	10	INGENIERÍA AMBIENTAL Y MATERIALES AVANZADOS	TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS EN MATERIALES REACTIVOS Y NO REACTIVOS, SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES AVANZADOS, FOTOCATÁLISIS
Alberto Mendoza Suárez	Doctor (CICESE)	Prof. Inv. TC Tit. C	I	No	Tutor	Óptica, Física del Estado Sólido, Electromagnetismo, Propiedades Físicas de Materiales, Matemáticas Avanzadas, Mecánica de Fluidos, Fenómenos de Transporte, Mecánica Clásica y del Medio Continuo, Cristales Fotónicos y Metamateriales, Curso Especial.	10	FISICA TEÓRICA Y APLICADA	CRISTALES FOTÓNICOS, METAMATERIALES Y ESPARCIMIENTO DE LUZ
Oracio Navarro Chávez	Doctor (BUAP)	Prof. Inv. TC Tit. C (adscrito al IIM-UNAM)	III	No	Profesor Invitado	Óptica, Física del Estado Sólido, Propiedades Físicas de Materiales, Electromagnetismo, Termostadística, Propiedades Físicas de Materiales, Introducción al Magnetismo y Materiales Magnéticos, Técnicas de Síntesis de Nanoestructuras, Curso Especial.	10	INSTITUCIÓN EXTERNA	PROPIEDADES DE MATERIALES
Mary Carmen Peña Gomar	Doctor (INAOE)	Prof. Inv. TC Tit. B	No	Si	Profesor Invitado	Instrumentación, Óptica, Electromagnetismo, Laboratorio de Óptica, Física del Estado Sólido, Curso Especial.	10	FISICA EXPERIMENTAL	ESTUDIO ÓPTICO DE FENÓMENOS DE INTERFASE, CARACTERIZACIÓN ÓPTICA Y QUÍMICA DE MATERIALES
Eduardo Salvador Tututi Hernández	Doctor (UNAM)	Prof. Inv. TC Tit. C	I	Si	Tutor	Mecánica de Fluidos, Mecánica Clásica y del Continuo, Electromagnetismo, Fenómenos de Transporte, Termostadística, Simulación de Interacción de Muchos Cuerpos, Estructura de la Materia, Dinámica no-Lineal y Caos, Interacción de Radiación-Materia, Detectores de Radiación Ionizante, Fenómenos Críticos, Instrumentación, Curso Especial.	10	FISICA TEÓRICA Y APLICADA	SISTEMAS DINÁMICOS Y CAOS, INTERACCIONES FUNDAMENTALES
Luis Mariano Hernández Ramírez	Doctor (CINVESTAV)	Prof. Inv. TC Tit. B	No	Si	Profesor Invitado	Fenómenos de Transporte, Propiedades Físicas de Materiales, Introducción al Magnetismo y Materiales Magnéticos, Técnicas de Síntesis de Nanoestructuras, Electromagnetismo, Estructura de la Materia, Curso Especial.	10	FISICA EXPERIMENTAL	ESTUDIO ÓPTICO DE FENÓMENOS DE INTERFASE, CARACTERIZACIÓN ÓPTICA Y QUÍMICA DE MATERIALES
Joaquín de la Torre Medina	Doctor (Universidad de Lovaina, Bélgica)	Prof. Inv. TC Tit. A	I	En trámite	Tutor	Propiedades Físicas de Materiales, Introducción al Magnetismo y Materiales Magnéticos, Técnicas de Síntesis de Nanoestructuras, Electromagnetismo, Física del Estado Sólido, Matemáticas Avanzadas, Curso Especial.	10	FISICA EXPERIMENTAL	ESTUDIO ÓPTICO DE FENÓMENOS DE INTERFASE, CARACTERIZACIÓN ÓPTICA Y QUÍMICA DE MATERIALES
Héctor Igor Pérez Aguilar	Doctor (CICESE)	Prof. Inv. TC Tit. A	Candidato	En trámite	Tutor	Física del Estado Sólido, Cristales Fotónicos y Metamateriales, Óptica, Laboratorio de Óptica, Matemáticas Avanzadas, Electromagnetismo, Mecánica Clásica y del Medio Continuo, Curso Especial.	10	FISICA TEÓRICA Y APLICADA	ÓPTICA, CRISTALES FOTÓNICOS, METAMATERIALES, ESPARCIMIENTO DE LUZ
Fernando Iguazú Ramírez Zavaleta	Doctor (CINVESTAV)	Prof. Inv. TC Tit. A	I	Si	Tutor	Fenómenos Críticos, Mecánica Clásica y del Continuo, Termostadística, Estructura de la Materia, Electromagnetismo, Simulación de Interacción de Muchos Cuerpos, Interacción de Radiación-Materia, Instrumentación, Detectores de Radiación Ionizante, Curso Especial.	10	FISICA TEÓRICA Y APLICADA	PROCESOS DE DISPERSIÓN DE PARTÍCULAS ELEMENTALES /MODELADO DE PROCESOS FÍSICOS
Petr	Doctor.	Prof. Inv.	En	En	Tutor	Matemáticas Avanzadas, Ecuaciones Diferenciales	10	PENDIENTE	ECUACIONES DIFERENCIALES

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Zhevandrov Bolshakova	Universidad Estatal de Lomonosov, Moscú.	TC Tit. C	tramite	trámite		Aplicadas, Mecánica de Fluidos, Mecánica Clásica y del Medio Continuo, Dinámica no-Lineal y Caos, Curso Especial.			
Luis Manuel Villaseñor Cendejas	Doctor. (CINVESTAV)	Prof. Inv. Tit. "C"	III	Si	Tutor	Electromagnetismo, Estadística Aplicada, Instrumentación, Interacción Radiación-Materia, Detectores de Radiación Ionizante, Curso Especial.	10	TEORÍA DE CAMPOS Y FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS	FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS EXPERIMENTAL, RAYOS CÓSMICOS

TABLA 6.2

Nivel Educativo de Posgrado	Tipo de Posgrado	Núcleo Académico Básico	Grado Académico Mínimo de los Profesores
Doctorado	Investigación	<p align="center">12 Profesores</p> <p>Dr. Jorge Isidro Aranda Sánchez Dr. Francisco Domínguez Mota Dr. Rafael González Campos Dr. Alberto Mendoza Suárez Dr. Mario Cesar Suárez Arriaga Dr. Eduardo Salvador Tututi Hernández Dr. Gonzalo Viramontes Gamboa Dr. Joaquín de la Torre Medina Dr. Fernando Iguazú Ramírez Zavaleta Dr. Petr Zhevandrov Bolshakova Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas Dr. Héctor Pérez Aguilar</p>	Doctorado (100%)

Características del personal académico participante en este programa

- Los profesores que integran este programa tienen su formación académica en las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) que se describen en la sección **5.3.1**.
- Como se observa en la tabla 6.1, todos los profesores de este Programa han obtenido su grado más alto en instituciones distintas a la UMSNH.
- Todos los profesores de este programa están integrados en Cuerpos Académicos y realizan investigación congruente con el área de su especialización.
- Más del 90% de los profesores de este programa han publicado en los últimos tres años en revistas del índice de CONACYT o incluidas en el CITATION INDEX.
- El 76 % de los profesores de este programa pertenecen al SNI (Dos con nivel III, uno con nivel II).

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

- Todos los profesores de este programa están vinculados a Programas de Licenciatura en sus respectivas Facultades.
- Todos los profesores del Núcleo Académico Básico son de tiempo completo y realizan actividades de investigación y docencia y el 92 % pertenece al SNI.
- Los profesores del Núcleo Académico Básico pertenecen a Cuerpos Académicos Consolidados (Física Teórica y Aplicada, Matemáticas Aplicadas, Análisis Matemático, Teoría de Campos y Física Altas Energías) o en Consolidación (Física Experimental).

Se anexan las cartas compromiso de los profesores de este Programa en donde se comprometen a atender las actividades académicas por desarrollar en este Programa.

7. Infraestructura y recursos financieros

Las actividades de planeación, organización, promoción, supervisión, coordinación y evaluación de los estudios de posgrado estarán a cargo de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas “Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez”. Adicionalmente se cuenta con el apoyo de algunos profesores de la Facultad de Ingeniería Civil. Este apoyo consiste en el uso de laboratorios y eventualmente en espacios físicos para alumnos.

La dependencia responsable de este Programa de Posgrado, es decir, la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas “Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez”, cuenta con los siguientes recursos para la operación del Programa avalados por el H. Consejo Técnico de la Facultad:

Cuatro aulas de 4x8 metros c/u, dotadas con mobiliario apropiado para los cursos del posgrado, número que crecerá en la medida en que la población estudiantil se incremente. También se cuenta con seis cubículos para 4 estudiantes cada uno.

Un auditorio con capacidad de 100 personas para usos múltiples que puede destinarse a la realización de seminarios, conferencias y reuniones académicas.

Un cubículo de 3x3 metros para cada profesor del núcleo básico equipado con escritorio, pizarrón, libreros, computadora y acceso a internet.

Un Laboratorio de Cómputo con 20 computadoras conectadas a internet con capacidad de cómputo numérico. Además se cuenta con dos estaciones de trabajo para realizar cálculos científicos. También se cuenta con software como *Fortran90*, *Matlab*, *FemLab-Comsol*, para hacer simulaciones numéricas con elementos finitos, así como software para hacer cálculos con elementos de frontera y para métodos sin malla.

Seis Laboratorios de Investigación: de Óptica, de Caracterización y Crecimiento de Películas Delgadas, Laboratorio de Sensores Ópticos, Laboratorio de Físicoquímica y Fluidos, Laboratorio de Vibraciones Mecánicas, y Laboratorio de Pruebas No-destructivas, equipados con kits básicos de óptica, 3 mesas holográficas, una campana de vacío, tres microscopios de fuerza atómica, un elipsómetro 5, láseres de He-Ne, un espectrómetro y componentes mecánicas adicionales, shakers, etcétera (para mayor información ver <http://mcif.umich.mx>). Se han equipado siguiendo la Planeación de la DES de Ciencias Exactas, Metalurgia y Materiales del Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) 3.0, 3.1 y 3.2.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Dos Laboratorios de Enseñanza: uno de Electromagnetismo y otro de Física General, los cuales cuentan con equipo necesario para el área de Instrumentación, como 5 computadoras para adquisición de datos, 6 osciloscopios de 2 y 4 canales, 6 fuentes de poder, 6 generadores de onda, 3 kits demostrativos para el área de electromagnetismo, rieles de aire, sensores ópticos y componentes adicionales.

Una biblioteca que cuenta con más de 7,000 volúmenes especializados y revistas científicas para satisfacer las necesidades bibliográficas al inicio del Programa. Las revistas científicas que cuenta con suscripción son:

Journal of Dynamics and Differential Equations
Journal of Engineering Mathematics
Advances in Computational Mathematics
Annals of Mathematics and Artificial Intelligence
Journal of Applied and Industrial Mathematics
Applied Mathematics and Mechanics
Computational Mathematics and Mathematical Physics
Applied Mathematics and Optimization
Mathematics of Control, Signals, and Systems (MCSS)
Applications of Mathematics
Journal of Numerical Mathematics
Computational Mathematics and Modeling
NoDEA : Nonlinear Differential Equations and Applications
Differential Equations
Calculus of Variations and Partial Differential Equations
Applied Physics B: Lasers and Optics
Meteorology and Atmospheric Physics
Acoustical Physics
Physics of Wave Phenomena
Computational Mathematics and Mathematical Physics
Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics
Central European Journal of Physics
Plasma Physics Reports
Journal of Applied Mechanics and Technical Physics
Applied Physics A: Materials Science & Processing
Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine
Journal of Experimental and Theoretical Physics
Technical Physics
Journal of Engineering Physics and Thermophysics
Journal of Biological Physics
Physics of the Solid State
Laser Physics

Además, se cuenta con las bibliotecas de las instituciones participantes, la biblioteca central de la UMNSH y la FCFM mantiene convenios de servicios bibliotecarios recíprocos (préstamo mutuo del acervo) con otras instituciones. La UMSNH pertenece al Consorcio de Universidades para el Acceso a la Información Científica y Tecnológica, con lo cual se

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

tiene garantizado el acceso a un número importante de revistas especializadas de Física, Matemáticas e Ingeniería.

Como se puede ver, la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas cuenta con la infraestructura física necesaria para el programa del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física y no requiere más infraestructura para llevar a cabo con éxito el Programa. También debemos mencionar que con los profesores adscritos a la Facultad y que participan en el Programa se cumple con el número mínimo requerido en el PNPC del Conacyt para un programa de esta naturaleza, en consecuencia tampoco es necesario más infraestructura humana.

En términos de la solidez académica y la factibilidad del Programa, este se someterá a consideración de PNPC del CONACYT con el fin de que el mismo sea incluido en el padrón de excelencia del CONACYT. Consecuentemente, los estudiantes de posgrado aceptados en el Programa podrán contar con una beca de dicho organismo para la realización de Estudios de Posgrado.

El acervo bibliográfico y el acceso a las instalaciones (cubículos, centros de cómputo, etc.) y el apoyo a las actividades académicas por parte de las instituciones participantes se dará de acuerdo a las líneas de generación y aplicación del conocimiento de cada una de ellas. Los apoyos específicos necesarios para la obtención de acervo complementario se incluirán en el proyecto de egresos de la FCFM de los próximos años; adicionalmente, se buscará apoyo para este fin ante instancias como los PIFI's, así como apoyos adicionales ofrecidos por CONACYT.

8. Normas Complementarias para la Operación del Programa

Dentro de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas se tienen como autoridades al Consejo Interno de la División de Estudios de Posgrado y al Jefe de esta División.

El Consejo Interno de la División de Estudios de Posgrado (CIDEP) (*) de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas está constituido por:

- a) El Director de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas.
- b) El Jefe de la División de Estudios de Posgrado de la misma.
- c) El Coordinador de cada Programa de Posgrado que tenga la Facultad.
- d) Un representante alumno propietario por todos los alumnos de la División.
- e) Un representante profesor propietario por todos los docentes de la División.

Son atribuciones del Consejo Interno:

- a) Elaborar y actualizar las normas complementarias de la División de Estudios de Posgrado.
- b) Analizar los nuevos planes y programas de estudio y las modificaciones a los ya existentes.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

- c) Atender al desarrollo de cada uno de los programas de la división y supervisar su cumplimiento.
- d) Dictaminar sobre los problemas que surjan en el área de posgrado.
- e) Elaborar el presupuesto anual de la División de Estudios de Posgrado.
- f) Nombrar al Comité de Admisión que realizará los exámenes a los aspirantes a ingresar al Posgrado.
- g) A través de la Academia Tutorial(**) designar un Tutor a los aspirantes aceptados para ingresar al Programa de Posgrado.
- h) Nombrar a los comités de profesores para diseñar y calificar los exámenes básicos.
- i) Asignar el Comité Tutorial(***) de cada estudiante para dar seguimiento a su desarrollo académico durante sus estudios dentro del posgrado.
- j) Asignar el Jurado para los exámenes de grado.

(*) Consejo de Interno de Posgrado cuando no haya lugar a confusión.

(**)Cuerpo Colegiado conformado por todos los tutores del programa del posgrado (ver Secc. 8.5).

(***)Cuerpo Colegiado conformado por tutores del programa del posgrado con la posible participación de tutores externos.

El Director de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas designará al Coordinador del Programa del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física a propuesta del Jefe de la División de Estudios de Posgrado. El Coordinador se elegirá de entre los profesores del Núcleo Académico Básico con adscripción a la FCFM y durará en este puesto un periodo de dos años, pudiendo ser reelecto. Son funciones del Coordinador del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física:

1. Organizar todas las actividades relacionadas con el desarrollo del Programa.
2. Organizar los cursos propedéuticos y curriculares que se ofrecerán en cada ocasión.
3. Ser el responsable académico del Programa ante el CONACYT.
4. Fijar las fechas para la presentación de los avances de tesis.
5. Atender las necesidades académicas y burocráticas al interior de la Universidad de los estudiantes.
6. Coadyuvar en la difusión del Programa.
7. Coordinar los Exámenes Predoctorales.

8.1. Ingreso de estudiantes

El aspirante podrá solicitar ingreso al Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física siempre y cuando ostente el grado de Maestría en alguna rama de Ingeniería (Civil, Química, Eléctrica, Mecánica, Tecnología de la Madera, Electrónica) o en Ciencias Básicas (Ingeniería Física, Física, Física Aplicada, Matemáticas, Química). Haber obtenido un promedio mínimo de 8.0 en sus estudios de Maestría en una escala de 0-10 ó su equivalente en otros sistemas de evaluación. La admisión al Programa de Doctorado estará abierta todo el año. El inicio del Programa será en dos periodos semestrales: marzo y septiembre. Para poder ser admitido al Programa de Doctorado el aspirante deberá:

1. Presentar título de Maestría en Ciencias en Ingeniería Física, Física, Matemáticas o Ingeniería (Química, Civil, Mecánica, Eléctrica, Mecánica, Tecnología de la Madera, Electrónica).

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

2. Los estudiantes egresados del programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Física, de la UMSNH con promedio de 9.0 podrán ser admitidos directamente al Programa.

3. Para los demás aspirantes y egresados de otros programas de posgrado nacionales o del extranjero deberán presentar el examen de diagnóstico elaborado por el comité de admisión sobre las asignaturas de:

- a) Matemáticas Avanzadas
- b) Electromagnetismo
- c) Estructura de la Materia
- d) Mecánica Clásica y del Medio Continuo
- e) Termoestadística

El examen de diagnóstico consistirá de una parte escrita y una parte oral. Para poder ser admitido al Programa deberá aprobar al menos tres asignaturas en el examen de diagnóstico.

4. Deberán presentar su Curriculum Vitae y dos cartas de recomendación de profesores o investigadores de reconocido prestigio.

5. Dirigir al director de la FCFM de la UMSNH, en caso de ser admitido al Programa, una solicitud de admisión al Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física acompañada de una copia del título profesional, título de grado y de su Curriculum Vitae. Entregar una carta compromiso de dedicación exclusiva de tiempo completo al Programa.

6. Entregar, en caso de ser admitido al Programa, la documentación correspondiente de acuerdo a la reglamentación vigente en la UMSNH: Reglamento General de Inscripciones y Reglamento General para los Estudios de Posgrado.

6.1. Solicitar por escrito al Consejo Interno de Posgrado de la Facultad la asignación de Tutor o Director de Tesis. Para ello el estudiante debe elegir de entre el conjunto de tutores del programa al que fungirá como su Director de Tesis de Doctorado.

6.2. Elaborar en conjunto con un Tutor del Programa y presentar al Coordinador del Programa de Doctorado un plan de trabajo académico, por el periodo de duración del plan de estudios.

6.3. Realizar los pagos de inscripción correspondientes.

7. Para los estudiantes extranjeros, además de los requisitos enmarcados en los puntos anteriores:

- a) Original del grado de Maestría (debidamente legalizados por la embajada mexicana en el país de origen).
- b) Certificado de calificaciones oficial en original (debidamente legalizados por la embajada mexicana en el país de origen).
- c) Dictamen de revalidación original de la UMSNH.
- d) Constancia original de no antecedentes penales (debidamente legalizados por la embajada mexicana en el país de origen).
- e) 2 cartas de recomendación emitidas por profesores de cursos de sus Estudios de Licenciatura enviados directamente al coordinador del Programa.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

- f) Pasaporte original.
- g) Forma migratoria de estudiante FM2 o FM9 en original y copia.
- h) 6 fotografías tamaño infantil de frente en blanco y negro.

Los candidatos cuya lengua materna no sea el español deberán probar un dominio del español (Diploma del Español como Lengua Extranjera DELE), sedes en el mundo: www.cervantes.es/sobre_instituto_cervantes/direcciones_contacto/sedes_mundo.htm; http://diplomas.cervantes.es/aprender_espanol/informacion_dele.html.

8.2. Permanencia y Seguimiento de Estudiantes

Al iniciar sus estudios de doctorado se le asignará al alumno un Comité Tutorial coordinado por el Director de Tesis de Doctorado, quien deberá ser un profesor del NAB. El Comité Tutorial estará constituido por el Director de Tesis, dos profesores titulares y un suplente. La función del Comité Tutorial será la de supervisar y evaluar los avances del desarrollo del trabajo de investigación y de la tesis del estudiante. El Comité Tutorial y el Tutor o Director de Tesis serán designados directamente por el Consejo Interno de Posgrado. La designación del Comité Tutorial será a propuesta por escrito del estudiante del Programa con el visto bueno del Tutor o Director de Tesis. Solo excepcionalmente, el alumno podrá cambiar de Director de Tesis. Para ello deberá solicitarlo por escrito al Consejo Interno de Posgrado de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, argumentando las razones que lo mueven a ello previa autorización del Comité Tutorial.

Son responsabilidades del Comité Tutorial y del Tutor o de Director de Tesis:

1. Concertar y avalar el plan de trabajo semestral del alumno, lo cual consistirá en recomendar las materias optativas a cursar y supervisar los avances del trabajo de tesis.
2. Supervisar y evaluar semestralmente, mediante presentación de avances de tesis por parte del estudiante, el desarrollo de su investigación.
3. Es responsabilidad del Tutor o Director de Tesis, dirigir el trabajo de investigación del estudiante encaminado a la elaboración de la tesis de doctorado.
4. Proponer al Consejo Interno de Posgrado, de común acuerdo con el estudiante, los integrantes del Jurado para el Examen de Grado del alumno.

La calificación de cada asignatura o Avance de Tesis se asignará en escala de 0 (cero) a 10 (diez), siendo 8.0 (ocho) la calificación mínima aprobatoria. Cada asignatura será evaluada conforme a los procedimientos estipulados en el Reglamento General de Exámenes.

Para permanecer inscrito en los Estudios de Posgrado de este Programa es necesario que el alumno:

1. Cumpla con las actividades académicas que se establecen en la sección **5.2** de este proyecto, correspondiente a la estructura del plan de estudios, así como todas las actividades extracurriculares que son parte complementaria de su formación tales como asistencia a seminarios, congresos, etc.
2. Asista a las entrevistas tutoriales y cumpla satisfactoriamente con las observaciones que se le hagan durante las entrevistas.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

3. Presente al Consejo Interno de la División un informe semestral avalado por el Comité Tutorial, respecto a los avances de su plan de trabajo académico.
4. Se dedique a desarrollar de tiempo completo su programa de investigación, teniendo como límite máximo cuatro años y medio para concluir satisfactoriamente su Programa de Doctorado con la obtención del grado de Doctor en Ciencias en Ingeniería Física.
5. Apruebe sus asignaturas correspondientes. En caso de no acreditar alguna asignatura podrá cursarla por una segunda y única vez para ser aprobada dentro de los límites de tiempo estipulados por el programa. Reprobar dos asignaturas simultáneamente implica baja definitiva del Programa.
6. Aprobar el examen predoctoral. En caso de no aprobarlo en la primera presentación, lo podrá volver a presentar por una segunda ocasión en el semestre siguiente. En caso de no aprobarlo en esta segunda ocasión el estudiante quedará dado de baja de forma definitiva del programa. El examen predoctoral quedará sujeto a la siguiente reglamentación:
 - 6.1 Cada semestre se abrirán fechas para la presentación del examen. En cada ocasión, el Consejo Interno de Posgrado nombrará una comisión integrada por 5 miembros del NAB para elaborar, aplicar y calificar el examen. Además de los 5 miembros, formará parte de la comisión el Coordinador del Programa, quien coordinará el examen.
 - 6.2 El examen versará sobre las 5 asignaturas básicas.
 - 6.3 El examen constará de una parte escrita y una parte oral. La parte oral solo deberá ser para complementar, en caso de ser necesario, las respuestas de la parte escrita. La calificación mínima para aprobar el examen es de 8.0 en cada asignatura.
 - 6.4 El examen se podrá presentar en el primer, segundo o tercer semestre, según convenga al estudiante.
 - 6.5 El examen se podrá presentar en dos partes, la primera parte la podrán presentar en el primer o segundo semestre, para la cual elegirán la mitad de las asignaturas a presentar. La segunda parte la deberán presentar en el segundo o tercer semestre, presentando el examen del resto de las asignaturas.
 - 6.6 Los alumnos que hayan cursado y aprobado previamente alguna o algunas asignaturas básicas con una calificación mayor o igual a 9.0 quedarán exentos en esas asignaturas del examen predoctoral, debiendo presentar solo en las que obtuvo una calificación inferior.
7. Presentar ante su Comité Tutorial, al menos un Avance de Tesis por semestre de acuerdo al protocolo de avance de tesis, el cual consiste en:
 - a) Una presentación escrita y una exposición oral de los Avances de su Tesis.
 - b) La exposición oral deberá ser a puerta abierta y servirá tanto para evaluar como para hacer sugerencias para completar el trabajo de tesis en tiempo y forma.
 - c) La presentación por escrito deberá ser entregada por parte del estudiante a cada profesor de su Comité Tutorial con al menos quince días de anticipación antes de su presentación oral. Esta presentación deberá

contener los antecedentes, un resumen, en su caso, de los últimos avances presentados, desarrollo teórico y práctico, de las hipótesis, la metodología empleada, los objetivos alcanzados, el trabajo restante y una bibliografía.

- d) El Comité Tutorial deberá al final del semestre entregar un reporte con una calificación (0 a 10) del estudiante, la cual será el promedio de las calificaciones individuales de cada uno de los integrantes del Comité Tutorial. Las fechas de las presentaciones orales de Avances de Tesis las establecerá el Coordinador del Programa Académico, de común acuerdo con cada Comité Tutorial. En caso de que el estudiante tenga dos calificaciones en semestres consecutivos inferiores a ocho, el alumno será dado de baja de forma definitiva del Programa.

8.2.1 Bajas Temporales y Definitivas

Estas se harán conforme al Capítulo V, artículos 49, 50, 51, 52, 53, 54 y 55 del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

8.3 Obtención del Grado

Para la obtención del grado académico respectivo el alumno deberá:

- a) Haber cubierto el respectivo Plan de Estudios en un plazo no mayor a 4 años. Para casos especiales el tiempo máximo de permanencia podrá incrementarse hasta un semestre siempre que el Consejo Interno de Posgrado lo apruebe.
- b) Haber cubierto un mínimo de 150 créditos del Plan de Estudios.
- c) Haber aprobado las asignaturas que su Comité Tutorial le indicaron.
- d) Haber aprobado los avances de tesis indicados por su Comité Tutorial.
- e) Haber aprobado el examen predoctoral.
- f) Cumplir con todos los requisitos en el Reglamento General de Posgrado de la UMSNH.
- g) Presentar una tesis de investigación original ante un Jurado que será designado por el Consejo Interno de Posgrado.
- h) Tener publicado o aceptado para publicación al menos un artículo de investigación en revistas de circulación internacional indexadas y de alto impacto (ISI, Scopus, etc.).
- i) Presentar un coloquio de tesis ante el Jurado designado, el cual avalará o no avalará el trabajo de tesis. El coloquio deberá ser a puerta cerrada. En caso de no ser avalado el trabajo de tesis, el estudiante podrá solicitar por única ocasión otra vez presentar el coloquio de tesis. En caso de que el trabajo de tesis no sea avalado por segunda ocasión, el estudiante quedará dado de baja del Programa de forma definitiva.
- j) Presentar un examen oral público que versará sobre la tesis presentada. El examen oral público deberá ser presentado a los más quince días hábiles después del coloquio de tesis.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

El Consejo Interno de Posgrado designará al Jurado para practicar el examen de grado, previa solicitud por escrito por parte del interesado. La solicitud deberá llevar el aval de su Comité Tutorial y se deberá hacer por lo menos con un mes de anticipación. El Jurado de examen de grado estará formado por un presidente y cuatro vocales titulares y dos vocales suplentes. El Director de Tesis podrá fungir como presidente del Jurado. Es recomendable que el Comité Tutorial forme parte del Jurado para practicar el examen de grado. Al menos uno de los vocales deberá ser un profesor externo a la UMSNH. El examen de grado consta de dos partes: El coloquio de tesis y el examen oral público. Sólo cuando el trabajo de tesis del estudiante sea avalado en el coloquio de tesis, el estudiante podrá presentar el examen oral público.

8.4 Personal Académico

El Personal Académico que participa en el Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física está conformado por los integrantes del Núcleo Académico Básico (NAB) y los Profesores Invitados (PI). Los profesores adscritos a la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas podrán pertenecer al Núcleo Académico Básico o participar como PI dentro del programa.

8.4.1 El Núcleo Académico Básico

Es el conjunto de profesores que tiene las responsabilidades inherentes a un programa de posgrado como lo son la docencia, tutoría, investigación, gestión, participación en exámenes y en dirección de tesis. Los profesores interesados en ingresar o permanecer en el NAB del Programa de Doctorado deberán:

- a) Tener el grado de Doctor en un área afín a alguna(s) línea(s) LGAC del Programa.
- b) Ser profesores de tiempo completo.
- c) Pertenecer al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) con al menos el nivel I.
- d) Tener, al menos dos publicaciones en revistas indexadas y de circulación internacional en los últimos tres años o alternativamente tener patentes registradas o en trámite al momento de su solicitud de ingreso.
- e) Hacer una solicitud por escrito de ingreso o permanencia al Consejo Interno de Posgrado.

El periodo de permanencia en el NAB del Programa del Doctorado será por tres años. La solicitud de permanencia en el NAB deberá hacerse tres meses antes de que concluya su periodo de permanencia al Consejo Interno de Posgrado. La permanencia en el NAB deberá ser avalado por el H. Consejo Técnico de la Facultad. En caso de una decisión no favorable por parte del Consejo Interno de Posgrado respecto a la solicitud de permanencia en el NAB, el Consejo Interno de Posgrado deberá entregar al interesado una carta explicando los motivos de la decisión y las sugerencias para que se re-incorpore. Si no cumple con los requisitos de permanencia podrá hacer su solicitud cuando cumpla con los mismos. En caso de que un profesor quede fuera del NAB debido a su productividad, estando dirigiendo tesis de estudiantes, podrá seguir fungiendo como tutor hasta que los estudiantes se gradúen o queden dados de baja pero no podrá dirigir nuevas tesis hasta que se re-integre al NAB.

8.4.2 Profesores Invitados

Los Profesores Invitados dentro del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física son aquellos que colaboran en el Programa impartiendo asignaturas en el mismo, cursos, talleres, etc. o que forman parte en los comités tutoriales. Para participar dentro del Programa como Profesor Invitado se requiere:

- a) Tener el grado de Doctor en un área afín al Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física.
- b) Ser profesor de tiempo completo.
- c) Tener publicaciones afines a las LGAC que se cultivan en el Programa en revistas indexadas en los últimos tres años.
- d) Hacer una solicitud por escrito de ingreso o permanencia al Consejo Interno de Posgrado.

Los Profesores Invitados durarán como tales un periodo de dos años, al término de cual podrán solicitar su permanencia por escrito al Consejo Interno de Posgrado.

Los profesores en el esquema de movilidad de la SEP, o en año sabático en la FCFM podrán participar como Profesores Invitados, durante el periodo de la movilidad o del año sabático siempre y cuando cumplan los requisitos anteriores.

Un Profesor Invitado podrá participar hasta en dos Comités Tutoriales distintos simultáneamente.

Profesores de otras Facultades o Institutos podrán pertenecer al Núcleo Académico Básico del Programa de Doctorado cuando hayan participado previamente como Profesores Invitados y/o colaborado en proyectos de investigación con algún miembro del NAB durante al menos un año, o podrán participar como Profesores Invitados siempre y cuando muestren disponibilidad e interés en participar en el Programa de Posgrado y cumplan con los requisitos anteriores. El profesor deberá presentar además una autorización por parte de las autoridades competentes de su dependencia para participar en el Programa.

El Consejo Interno de Posgrado debe cuidar que el número de profesores participantes en el Programa satisfaga el indicador de excelencia de CONACYT para programas de posgrado dentro del PNPC. La permanencia de un profesor como parte del Personal Académico del Programa, será determinada por el Consejo Interno de Posgrado y avalada por el H. Consejo Técnico. La permanencia deberá ser dictaminada por el Consejo Interno de Posgrado en base a su productividad y al indicador de excelencia vigente referente a la proporción de profesores dentro del SNI.

8.4.3 Derechos y obligaciones del Personal Académico del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física.

Los derechos y obligaciones del Personal Académico de la UMSNH que participa en el Programa se encuentran en el Marco Jurídico de la UMSNH. Todo el Personal Académico del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física tiene los siguientes derechos y obligaciones:

8.4.3.1 Los Tutores o Directores de Tesis y los miembros de los Comités Tutoriales de algún estudiante del Programa tienen el derecho de que se les reconozca y recibir los créditos como tales.

8.4.3.2 Todo el Personal Académico del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física tiene el derecho a que se le reconozcan en todas y cada una de las actividades académicas en que participan, tales como impartición de asignaturas, de seminarios, etc.

8.4.3.3 Todos los miembros del NAB, tienen la obligación y el derecho a participar en la impartición de cursos tanto básicos como optativos de manera periódica.

8.4.3.4 A fin de mantener actualizada la información de la productividad académica en el programa, los profesores participantes en el mismo están obligados a entregar un reporte anual de su productividad al Consejo Interno de la División de Estudios de Posgrado.

8.4.3.5 Los Tutores o Directores de Tesis y cada uno de los miembros de los Comités Tutoriales de algún estudiante del Programa tienen la obligación de atender a las citas de seguimiento académico del estudiante tutorado y emitir la evaluación correspondiente. Las citas de seguimiento académico se deberán concertar con al menos 15 días hábiles de anticipación.

8.4.3.6 Cualquier miembro del Personal Académico que participe en el Programa deberá mantener un trato cordial y de mutuo respeto con el resto de sus colegas y con los estudiantes.

8.5 Tutor

Para poder participar como Tutor en el Programa se requiere formar parte del Núcleo Académico Básico. Las funciones del Tutor o Director de Tesis se mencionan en la sección 8.2 de estas normas complementarias. Cada Tutor tendrá la obligación de dar a conocer a los alumnos de recién ingreso su trabajo de investigación, a través de conferencias para que el alumno identifique sus áreas de interés y el Consejo Interno de Posgrado pueda asignar un Tutor a cada alumno inscrito al Programa. Esta asignación se llevará a cabo al inicio del programa de estudios de cada estudiante.

Cada Tutor del Programa podrá dirigir como máximo hasta 2 Tesis de Doctorado (excepcionalmente el Consejo Interno de Posgrado podrá autorizar 3 Tesis de Doctorado. Por ejemplo, cuando un estudiante haya presentado su último avance de tesis y este a punto de graduarse) simultáneamente y podrá participar hasta en dos Comités Tutoriales distintos en los que no funge como Director de Tesis. Solo excepcionalmente un Tutor o Director de Tesis de algún estudiante del Programa se podrá deslindar de esta responsabilidad, mediante la solicitud correspondiente dirigida al Consejo Interno de Posgrado, dando las explicaciones pertinentes.

8.5.1 Comités Tutoriales

El Comité Tutorial estará conformado por el Tutor o Director de Tesis, dos profesores miembros titulares y un profesor miembro suplente los cuales deberán ser participantes en el programa de posgrado. El profesor suplente entrará en sustitución sólo cuando algún titular no pueda participar en las entrevistas con el estudiante y/o en la evaluación de su seguimiento. El Tutor o Director de Tesis será el principal responsable del proyecto de investigación de doctorado del estudiante y será quien coordine el Comité Tutorial. Un miembro del Personal Académico del Programa de Doctorado en Ciencia en Ingeniería Física podrá formar parte de los Comités Tutoriales y podrá participar hasta en dos Comités Tutoriales distintos de manera simultánea como titular y sin restricción si es suplente. Algún miembro de un Comité Tutorial podrá desentenderse de esta responsabilidad como tal solamente transcurridos al menos seis meses de su designación y deberá informarlo por escrito al Consejo Interno de Posgrado con un mes de anticipación.

8.5.2 Co-Tutoría

En caso de ser necesario, el estudiante, de común acuerdo con su Director de Tesis, podrá solicitar al Consejo Interno de Posgrado que se le asigne un co-Director de Tesis mediante una solicitud. El co-Director podrá ser un investigador en activo que no pertenezca al NAB del programa con adscripción a una Institución de Investigación o de Educación Superior nacional o extranjera y podrá formar parte del Comité Tutorial del estudiante. El Tutor o Director de Tesis será el principal responsable del trabajo de investigación del estudiante y esta responsabilidad no deberá ser relegada al co-Tutor. Dos miembros del NAB del Programa podrán co-dirigir con igualdad de responsabilidad a un estudiante. Por ejemplo, cuando el trabajo de tesis tenga una componente experimental y una componente teórica. En este caso, la principal línea de investigación de un Tutor deberá ser experimental, mientras que la principal línea de investigación del otro Tutor deberá ser teórica.

Para poder fungir como co-Director de Tesis se requiere que el profesor cumpla, al menos, con los requisitos estipulados en el artículo **8.4.1** para el NAB. El Consejo Interno de Posgrado, de acuerdo a la documentación presentada podrá dar el aval de co-Director previa solicitud del interesado.

8.6 Flexibilidad del Plan de Estudios

El alumno podrá elegir, de común acuerdo con su Comité Tutorial, una trayectoria que se ajuste a sus objetivos ya que todas las materias que se enmarcan en el mapa curricular del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física son optativas. La elección de materias a cursar estará supervisada por su Comité Tutorial. Puesto que el objetivo principal del Programa es la realización de una Tesis de Doctorado con resultados originales, el estudiante podrá, mediante los programas de intercambio y movilidad con otras universidades e instituciones, realizar parte de la misma en instituciones con las que se cuente con los convenios o que cuente con la infraestructura humana y material adecuada.

8.7 Investigación

Las líneas de investigación asociadas al Programa (ver sección **5.3**) se derivan de las actividades desarrolladas en los Cuerpos Académicos a los que pertenecen los tutores de este programa y, por lo tanto, se encuentran normadas al interior de cada Cuerpo Académico y sancionadas por cada Consejo Técnico.

La investigación desarrollada por cada Tutor dentro de las LGAC asociadas al Programa, por su propia naturaleza, generarán problemas de investigación adecuados para que un alumno realice su Tesis de Doctorado.

8.8 Casos no previstos

Los casos no previstos en estas Normas Complementarias para la Operación del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física serán resueltos y sancionados conforme al marco jurídico vigente de la UMSNH por el Consejo Interno de Posgrado con el aval del H. Consejo Técnico de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la UMSNH.

8.9 Transitorio

Estas Normas Operativas entrarán en vigor inmediatamente después de la aprobación del presente Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física por parte del H. Consejo Universitario de la UMSNH.

9. Plan de Desarrollo del Programa

9.1 Introducción

Las Ciencias Físico-Matemáticas y la Ingeniería desempeñan un papel sumamente importante en el desarrollo de la alta tecnología, así como en la mayoría de las áreas del conocimiento científico, como por ejemplo en las Ciencias Biológicas, de la Salud y las Ciencias de Materiales. La conjunción de todas estas disciplinas es requerida por los problemas que se presentan dentro del sector productivo del estado y del país. Por ello es muy importante la formación y futura consolidación de grupos de investigación interdisciplinaria, así como la formación de recursos humanos de alto nivel y aumentar la fortaleza académica en esas líneas de generación de conocimientos. Un programa de posgrado como este puede generar recursos humanos especializados, fortalecer y consolidar estas ramas de la Ciencia Aplicada, que son prioritarias para México.

Como se ha establecido en la sección **2.2** de este proyecto, se espera que ingresen anualmente entre 5 y 10 alumnos de la región al Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. Conforme este Programa de Posgrado se vaya consolidando, esperamos ir captando más estudiantes de otras regiones del país e ir creciendo en el ingreso anual. Se espera que el programa sea reconocido a nivel nacional y que no solamente pueda ingresar al PNPC del CONACYT, sino que además pueda ir avanzando en los niveles de consolidación y con ello poder captar estudiantes de otras regiones del país y del

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

extranjero. Se espera también que la planta docente del núcleo básico se fortalezca en su número y en su calidad. Se tiene proyectado ir ampliando la infraestructura en los laboratorios existentes y se tiene planeado a corto plazo (2-4 años) la construcción y equipamiento de otros tres: Laboratorio de Magnetismo y Nanoestructuras, Laboratorio de Rayos X y Laboratorio de Instrumentación. Esto se llevará a cabo mediante proyectos de CONACYT y mediante la gestión de recursos ante el PIFI 2013 y 2014. Cabe señalar que todo esto está enmarcado de forma general en el Plan de desarrollo (2010-2020) de la UMSNH y en particular en el plan de desarrollo de la FCFM, así como en los planes de desarrollo de los Cuerpos Académicos de la FCFM, cuyos miembros participan en el programa de doctorado.

9.2 Objetivos

El objetivo general de este proyecto consiste en formar recursos humanos con nivel de doctorado que participen en labores de investigación empleando los conocimientos de la Física para modelar, experimentar, analizar y sintetizar resultados y proponer aplicaciones tecnológicas o soluciones a problemas de Ingeniería. Otro de los principales objetivos de este Programa de Posgrado es que en los próximos 12 años llegue al Nivel de Competencia Internacional del PNPC, lo cual correspondería a las próximas tres evaluaciones en el PNPC.

En este Programa de Doctorado se formarán recursos humanos especialistas en modelado matemático de procesos, estudio de propiedades de materiales analizados mediante técnicas experimentales y teóricas, modelado numérico y computacional de sistemas en Física e Ingeniería, interacción de la radiación con la materia y óptica.

A nivel nacional se espera que este Programa pueda llegar a tener presencia en la procuración de soluciones a los problemas relacionados con la industria y la sociedad, lo que permitirá a nuestra Universidad Michoacana incrementar su vinculación con los sectores productivos y de servicios y alcanzar un mayor impacto social.

9.3 Estrategias y Metas a Mediano y Largo Plazo

Personal Académico

Se tiene planeado la incorporación de cuatro profesores investigadores más con doctorado quienes fortalecerán al núcleo básico que respaldará el posgrado. De estos cuatro doctores, durante el período del tercero al quinto año de funcionamiento del Programa, se planea la contratación de tres en las áreas de conocimiento vinculadas al Programa y uno más que tenga una formación con características de interdisciplinariedad.

Infraestructura para la Docencia

Se tiene contemplado acondicionar las aulas existentes así como el espacio destinado para estudiantes. También se tiene contemplada la adquisición de equipo accesorio como

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

cañones proyectores de video o pantallas durante el periodo del primero al cuarto año de funcionamiento de programa.

Infraestructura para la Investigación

Se pretende que los investigadores que se contraten durante los primeros cinco años tengan un cubículo y equipo de cómputo y de laboratorio para el buen desempeño de sus tareas de investigación. Actualmente se pone especial atención en el equipamiento y mantención de laboratorios de docencia e investigación. Se ha estado solicitando apoyo económico a través de los Programas de Fortalecimiento Interinstitucional (PIFI). Con estos apoyos se ha logrado equipar parcialmente los Laboratorios de Sensores Ópticos, de Físico-química y Fluidos, de Síntesis y Caracterización de Nanomateriales, de Películas Delgadas, de Vibración Acústica y de Cómputo. En particular los laboratorios se han estado o se estarán equipando, con apoyos de proyectos del CONACYT, por ejemplo los laboratorios de Rayos X e Instrumentación se equiparán parcialmente con apoyos de los PIFI's y del CONACYT. El Dr. Joaquín de la Torre obtuvo un apoyo del CONACYT por 1.4 millón de pesos en la convocatoria del CONACYT 2011, apoyo con con el cual impulsará el Laboratorio de Magnetismo y Nanoestructuras.

Financiamiento del Programa

Tan pronto como el H. Consejo Universitario apruebe la creación de este Programa de Doctorado, se solicitará el ingreso del programa al padrón de excelencia de CONACYT. Dentro del periodo del primer al quinto año de funcionamiento del Programa se harán las gestiones necesarias para que el mismo alcance el nivel de programa de posgrado en desarrollo. De esta forma los estudiantes del Programa podrán contar con una beca del CONACYT. El personal académico que participa en el NAB se ha distinguido por su capacidad para hacer gestión para apoyo económico de proyectos ante instancias como el CONACYT y otros organismos nacionales y del extranjero. Por este motivo se tienen la expectativa de que se seguirán gestionando apoyos económicos para proyectos de investigación que beneficien tanto a la institución a través de adquisición de equipo de laboratorio e infraestructura así como al estudiante mediante el apoyo de becas y gastos para congresos, estancias de investigación, movilidad, etc. También se estarán gestionando recursos destinados al programa mediante programas de la SEP tales como PIFI o PADES.

Seguimiento de Egresados

A partir del quinto año de funcionamiento del programa se hará un seguimiento de los egresados que comprenda principalmente: Titulación, Producción, y Situación laboral. Se estructurará un programa de seguimiento de egresados que se hará permanente a partir del egreso de la primera generación en 2016 o 2017.

Acervo Bibliográfico

Se apoyará a las gestiones de la Dirección General de Bibliotecas para que la Universidad Michoacana permanezca en el Consorcio de Universidades para el Acceso a la Información Científica y Tecnológica, con lo cual se tendría garantizado el acceso a revistas especializadas en las áreas de matemáticas, física e ingeniería.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

De igual forma, con los apoyos de los PIFI's y del presupuesto asignado a la FCFM, se pretende seguir incrementando el acervo bibliográfico de la Facultad con la adquisición de unos 50 libros por año cuyos contenidos estén vinculadas a las áreas de conocimiento del programa, durante el período del tercero al quinto año.

Productividad Académica del Personal Académico

Se espera que los investigadores que conformen el Núcleo Académico Básico del Programa, tengan en promedio al menos un artículo de investigación por año durante los primeros cinco años. De acuerdo a los indicadores actuales, en los próximos cinco años habrá 5 o 6 investigadores en el nivel II y 2 en el nivel III del SNI. Esto refleja la productividad del personal académico en los próximos cinco años.

Eficiencia Terminal

A fin de cumplir con los indicadores del CONACYT, se pretende que en las primeras tres generaciones que egresarán durante los primeros ocho años de funcionamiento del Programa, la eficiencia terminal sea de al menos el 90%.

Actualización del Plan de Estudios

En el quinto año de funcionamiento del Programa se llevará a cabo una revisión del Plan de Estudios del Posgrado y en su caso se realizará una actualización del mismo.

Desarrollo y Consolidación de Cuerpos Académicos

Se espera que los cuerpos académicos que están vinculados al programa, se hayan convertido en cuerpos académicos consolidados y los que ya están consolidados se mantengan en ese nivel.

Desarrollo y Consolidación de Líneas de Investigación

El desarrollo de las LGAC del Programa, en la medida que el Programa avance en los niveles de consolidación del PNPC del CONACYT, debe traer como consecuencia la consolidación de los investigadores y sus líneas de investigación. Y, como un círculo virtuoso, las LGCA del Programa. Se espera que al final del quinto año de funcionamiento del Programa, todas las LGAC del mismo se hayan consolidado. Actualmente, la LGCA de Ciencia e Ingeniería de Materiales es la que tiene más investigadores involucrados, y como tal, es la más sólida. La LGCA de Estructura de la Materia es la que cuenta con menos investigadores y es la que se requiere impulsar más.

ANEXOS

Anexo I

Contenido de las asignaturas

+

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: ESTRUCTURA DE LA MATERIA

CLAVE: B

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para resolver problemas básicos en mecánica cuántica aplicada.

1. **Introducción al átomo y ondas de materia.** Radiación de cuerpo negro. Efecto fotoeléctrico. Efecto Compton. Rayos X. Rayos Gamma. Modelo atómico de Rutherford. Modelo atómico de Bohr. Excitaciones atómicas. Ondas de materia y difracción de electrones. Dualidad onda partícula. Principio de incertidumbre. Paquete de onda y velocidad de grupo.

2. **Ecuación de Schroedinger.** Problema de valores propios. Potenciales Unidimensionales. Efecto Túnel. Partícula en una caja en 3D. Oscilador Armónico. Ecuación de Schroedinger en coordenadas esféricas. Fuerzas centrales. Números cuánticos del Momento Angular. Átomos con un electrón.

3. **Espín e interacciones magnéticas.** Métodos aproximados: Método variacional, teoría de perturbaciones. Experimento de Stern Gerlach. Propiedades del Spín del Electrón. Efecto Zeeman. Resonancia Magnética. Adición de Momento Angular Orbital y Spín. Interacción Spín-Orbita. Estructura Hiperfina.

4. **Átomos complejos.** Modelo de Campo Central. Principio de Exclusión. Estado base de los átomos y Tabla Periódica. Espectros de rayos X. El átomo de He. Átomos de metales alcalinos.

5. **Moléculas.** Enlace por tunelamiento cuántico. Enlace covalente. Enlace iónico. Interacciones de van der Waals. Moléculas poliatómicas. Espectroscopia rotacional. Espectroscopia vibracional.

6. **El estado sólido.** Estructura de los sólidos. Difracción e Bragg. Teoría del gas de electrones libres. Bandas de energía en sólidos. Teoría de Bandas en metales, aislantes y semiconductores. Semiconductores y dispositivos semiconductores. Magnetismo en sólidos.

7. **Superfluidos y superconductores (Tema Optativo).** Caracterización experimental de superfluidos y superconductores. Superfluidez y Band Gap. Condensación de Bose-Einstein. Pares de Cooper y la Teoría BCS.

8. **El núcleo atómico (Tema Optativo).** Estructura del núcleo. Modelo de gas de Fermi del núcleo. Interacciones nucleón-nucleón. Interacción nuclear débil. Radioactividad. Decaimientos gamma, beta y alfa. Introducción a reacciones nucleares. Fisión nuclear. Fusión nuclear y energía termonuclear.

9. **Partículas elementales (Tema Optativo).** Introducción a las partículas elementales. Partículas y campos. Mesones y Fuerza nuclear. Mesones y Piones. Neutrinos. Interacción débil. Resonancia de mesones y bariones. Quarks. La interacción débil y electromagnética de quarks. Interacción electro-débil. Color e interacciones fuertes. Unificación universal.

Bibliografía:

[1] John J. Brehm and William J. Mullin, *Introduction to the structure of matter: A course in modern physics*, John Wiley & Sons Inc., 1989.

[2] R. Stephen Berry, Stuart A. Rice and John Ross, *The structure of matter: An introduction to quantum mechanics*, Oxford University Press, 2002.

[3] Francis Owen Rice and Edward Teller, *The structure of Matter*, Literary Licensing, 2011

[4] David J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*, Prentice Hall, 1994.

[5] Claude Cohen-Tadnuji, Bernard Diu and Frank Laloe, *Quantum Mechanics*, Vols. I y II, Wiley, 1973.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	()
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Lecturas obligatorias que se recomiendan:

- Radiación de cuerpo negro, Modelo atómico de Rutherford. Modelo atómico de Bohr. Excitaciones atómicas. [1] y [3].
- Átomos de metales alcalinos. [2].
- Enlace iónico. [2]
- Magnetismo en sólidos. [3].

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 40% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 30% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: MATEMÁTICAS AVANZADAS

CLAVE: B

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para resolver problemas básicos en matemáticas avanzadas aplicadas.

1.- CÁLCULO. Funciones continuas. Diferenciación. Integral de Riemann. Teorema fundamental del cálculo. Funciones elementales. Sucesiones y series. Integrales impropias. Funciones de varias variables. Integrales múltiples, de línea y de superficie. Fórmulas de Green, Gauss y Stokes.

2.-VARIABLE COMPLEJA. Números complejos. Integración. Series de Taylor y Laurent. Singularidades. Mapeo conforme.

3.-ALGEBRA LINEAL. Matrices y sus inversas. Rango. Sistemas lineales. Determinantes. Vectores y valores propios. Diagonalización.

4.-ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS. Métodos de integración. Ecuaciones y sistemas lineales con coeficientes variables y constantes.

Bibliografía:

- [1] Erwin Kreyszig, *Advanced Engineering Mathematics*, Tenth Edition, Wiley, 2011.
- [2] Glyn James, *Advanced Modern Engineering Mathematics*, 4th Revised edition, Prentice-Hall, 2010.
- [3] Alan Jeffrey, *Advanced Engineering Mathematics*, Academic Press, 2002.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	()
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	()
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

- Se evaluará con un peso de un 60% de la calificación de exámenes parciales, un 30% examen final, 10% calificación de las tareas y trabajo en clase.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: TERMOESTADÍSTICA

CLAVE: B

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para resolver problemas básicos en termodinámica y mecánica estadística aplicada.

1. **Leyes de la termodinámica.** La ley cero. Termometría. Ecuación de estado. Trabajo. Procesos cuasi-estáticos. Primera Ley de la termodinámica. Trabajo. Capacidades caloríficas. Conducción de calor. Segunda Ley de la termodinámica. Entropía. Maquinas térmicas. Relaciones de Euler y Gibbs-Duhem. Equilibrio de fases. Reacciones químicas. Construcción de Maxwell. Aplicaciones. Ecuación de van der Waals. Presión osmótica.

2. **Potenciales termodinámicos.** Principio de la entropía máxima. Entropía y potenciales termodinámicos. Transformaciones de Legendre. Energía libre. Entalpía. Entalpía libre. Relaciones de Maxwell.

3. **Bases estadísticas de la termodinámica.** Estados macroscópicos y microscópicos. Contacto entre termodinámica y estadística: número de estados y entropía. Gas ideal clásico. Paradoja de Gibbs.

4. **Teoría de ensembles.** Espacio fase clásico. Teorema de Liouville. Ensemble microcanónico. Estados cuánticos y el espacio fase. Ensemble canónico. Función de partición. Sistemas clásicos. Fluctuaciones de la energía. Sistema de osciladores armónicos. Temperaturas negativas. Ensemble Gran Canónico. Conservación del número de partículas. Equivalencia de ensembles.

5. **Gases ideales cuánticos.** Gas ideal de Bose. Densidad de estados. Números de ocupación. Modelos de Einstein y Debye de sólidos cristalinos. Condensación de Bose-Einstein. Gas ideal de Fermi. Gas de Fermi degenerado. Electrones en un metal. Emisión termoiónica. Paramagnetismo y diamagnetismo.

Bibliografía:

- [1] Mark W. Zemansky y Richard H. Dittman, *Calor y Termodinámica*, 6ª Edición, McGraw-Hill, 1994.
- [2] Herbert B. Callen, *Thermodynamics and introduction to thermostatistics*, Second Edition, John Wiley & Sons, 1985.
- [3] R. K. Pathria, *Statistical Mechanics*, Second Edition, Butterworth-Heinemann, 2001.
- [4] Walter Greiner, Ludwig Noise and Horst Stöcker, *Thermodynamics and Statistical Mechanics*, Springer, 2000.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	()
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	()
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	()
Asistencia a prácticas	()

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Otras: ()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Libros de texto: Refs. [1], [2] y [3].

Lecturas obligatorias se recomiendan:

- Reacciones químicas. [1] y [2].
- Presión osmótica [1] y [2].
- Transformaciones de Legendre. [2]
- Paradoja de Gibbs [3].
- Temperaturas negativas [3].
- Emisión termoiónica [3]

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 30% de los trabajos y tareas y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: MECÁNICA CLÁSICA Y DEL MEDIO CONTINUO

CLAVE: B

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para resolver problemas básicos en mecánica aplicada al medio continuo.

1. **Formulación Newtoniana.** Ecuaciones de Newton para sistemas de una y muchas partículas. Leyes de conservación: momento lineal, momento angular, energía. Ejemplos.
2. **Principios variacionales.** Introducción al Cálculo Variacional. Formulación Lagrangiana de la mecánica. Ecuaciones de Lagrange. Ejemplos. Leyes de conservación. Formulación Hamiltoniana de la mecánica. Ecuaciones de Hamilton. Ejemplos. Transformaciones canónicas.
3. **Cuerpo Rígido.** Rotaciones. Cinemática. Ángulos de Euler. Dinámica. Ecuaciones de Euler. Ejemplos. Trompo simétrico.
4. **Pequeñas oscilaciones.** Oscilaciones amortiguadas. Oscilaciones no lineales. Modos normales. Ejemplos.
5. **Mecánica del medio continuo.** Transición de un sistema discreto a uno continuo. Ecuación de onda. Cuerda vibrante. Modos normales. Cinemática y dinámica de fluidos. Ondas sonoras. Teoremas de conservación.
6. **Elasticidad.** Deformaciones de sólidos. Equilibrio en barras y placas. Flexión. Torsión. Ondas elásticas. Propagación en discontinuidades. Ondas elásticas de superficie. Reflexión interna.

Bibliografía:

- [1] Herbert Goldstein, Charles P. Pole Jr. and John L. Safko, *Classical Mechanics*, 3rd Edition, Pearson, 2001.
- [2] L. D. Landau and E. M. Lifshitz, *Mechanics*, Third Edition, Butterworth-Heinemann, 2003.
- [3] Keith R. Symon, *Mechanics*, Third Edition, Addison-Wesley, 1971.
- [4] Lee A. Segel and G. H. Handelman, *Mathematics Applied to Continuum Mechanics*, SIAM, 2007.
- [5] L. D. Landau y E. M. Lifshitz, *Teoría de la elasticidad*, Reverté, 2002.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	()
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	()
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 20% de un examen final, el 30% de los trabajos. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: ELECTROMAGNETISMO

CLAVE: B

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICA)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante tenga los conocimientos básicos sobre el campo de electromagnetismo enfocado a la propagación de la luz en los materiales. Conocer las propiedades de los cristales y entender propiedades como isotropía y anisotropía.

1. **Ecuación de onda.** Ondas escalares y vectoriales en el espacio libre: Ecuaciones de Maxwell en el vacío, sin cargas ni corrientes. Ecs. de onda para **¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo.** y **¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo.** Ec. de onda escalar y su solución por separación de variables para ondas armónicas. Interpretación física de las soluciones de ondas viajeras. Parámetros de onda. Forma general de la función de onda escalar. Ondas planas monocromáticas. Naturaleza transversal de las ondas planas. Energía del campo electromagnético: Teorema de Poynting. Vector de Poynting de campos complejos. Polarización lineal, circular y elíptica: Forma general de una onda plana polarizada. Ecuación de la elipse de polarización. Rotación de los ejes de la elipse. Parámetros de la elipse en el sistema rotado. Diferentes estados de polarización y sentido de giro. Parámetros de Stokes: Parámetros de Stokes en términos de los parámetros de la elipse de polarización. Parámetros de Stokes y su relación con observables. Vectores de Stokes para diferentes estados de polarización. Esfera de Poincaré y los diferentes estados de polarización.
2. **Ondas en medios conductores y no conductores.** Ondas en medios conductores. Ondas en medios no conductores. Distribución de corriente en conductores. Reflexión y refracción en dieléctricos. Ecuaciones de Fresnel. Reflexión total interna y externa. Angulo de polarización. Corrimientos de fase. Reflectancia y transmitancia. Reflexión y refracción en metales.
3. **Sistemas radiantes.** Potenciales retardados. Radiación dipolar. Los vectores de Hertz. Campo debido a un dipolo Hertziano. Campo radiado por un dipolo oscilante. Radiación cuadrupolar eléctrica. Modelos de dispersión: Dispersión en gases. Dispersión en líquidos y sólidos. Conductividad de un medio de electrones libres. Propiedades ópticas de los metales.
4. **Óptica de cristales.** Isotropía y anisotropía. Estructura de una onda plana monocromática en un medio anisotrópico. Ecuaciones de Fresnel para la propagación en cristales. Construcción geométrica para determinar las velocidades de propagación y las direcciones de vibración. Clasificación óptica de cristales. Propagación de luz en cristales uniaxiales. Propagación de luz en cristales biaxiales. Producción de luz polarizada y dispositivos de polarización.

Bibliografía:

- [1] J. B. Marion and M. A. Heald, *Classical Electromagnetic Radiation*, Thomson Learning, Third edition, 1995.
- [2] Max Born and Emil Wolf, *Principles of Optics*, Cambridge University Press, Seventh edition, 2005.
- [3] John David Jackson, *Classical Electrodynamics*, John Wiley&Sons, Third edition, 2001.
- [4] Eugene Hecht y Alfred Zajac, *Óptica*, Addison-Wesley Tercera Edición, 1986.
- [5] Warren J. Smith, *Modern Optical Engineering*, McGraw-Hill, Third Edition, 2000.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	()
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Libros de texto: Refs. [1], [2] y [3].

Lecturas obligatorias se recomiendan:

- Ecuaciones de Maxwell. [1] y [3].
- Polarización elíptica. [2].
- Parámetros de Stokes. [2]
- Radiación cuadrupolar eléctrica. [3].
- Clasificación óptica de cristales [2].

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 40% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 30% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: **INTRODUCCIÓN AL MAGNETISMO Y MATERIALES MAGNÉTICOS**

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (3 hrs. en el aula 1 hr. en el laboratorio)

OBJETIVO. Que el estudiante adquiera los conocimientos relacionados a los diferentes materiales magnéticos y técnicas de medición. Estudiará la dinámica de la magnetización y aplicaciones de los materiales magnéticos relacionadas a estos procesos.

1.-Definiciones y unidades. Los sistemas de unidades cgs-emu y SI. Momento y dipolo magnético. Intensidad de la magnetización y efectos magnéticos de corrientes. Materiales magnéticos e histéresis magnética.

2.-Materiales magnéticos. Teoría del diamagnetismo y sustancias diamagnéticas. Teoría clásica y cuántica del paramagnetismo y sustancias paramagnéticas. Aleaciones ferromagnéticas y antiferromagnéticas. Sustancias ferrimagnéticas.

3.-Anisotropía magnética. Anisotropía de cristales cúbicos y hexagonales. Anisotropía de forma y magnetostricción. Técnicas de medición de la anisotropía.

4.-Dominios, procesos de la magnetización. Estructura y técnicas de observación de dominios y pared de dominio. Partículas monodominio. Movimiento de pared de dominio y procesos de rotación de la magnetización.

5.-Dinámica de la magnetización. Velocidad de pared de dominio. Amortiguamiento magnético y resonancia magnética: Resonancia magnética nuclear, resonancia ferromagnética y otros métodos.

6.-Materiales magnéticos suaves y duros, espintrónica y grabado magnético. Materiales magnéticos suaves y permanentes. Aplicaciones estáticas y dinámicas. Materiales para espintrónica, sensores magnéticos, memoria magnética y grabado magnético.

7.-Tópicos especiales (opcional). Líquidos magnéticos y magnetoquímica. Superconductores y levitación magnética. Magnetismo en biología y medicina.

Bibliografía:

- [1] B. D. Cullity and C. D. Graham, *Introduction to Magnetic Materials*, Addison-Wesley, IEEE Press, 2009.
- [2] J. M. D. Coey, *Magnetism and Magnetic Materials*, Cambridge University Press, 2009.
- [3] David C. Jiles, *Introduction to magnetism and magnetic materials*, Chapman & Hall, 1996.
- [4] Nicola A. Spaldin, *Magnetic materials: Fundamentals and device applications*, Cambridge University Press, 2003.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	()
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	(X)
Otras:	()

- Se evaluará con un peso de un 20% de la calificación para las tareas, un 30% para prácticas en el laboratorio, 10% para la participación en clase y 40% para exámenes parciales y final.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: CRISTALES FOTÓNICOS Y METAMATERIALES

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICA u ÓPTICA)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en aula)

Objetivo: El estudiante, al finalizar el curso, conocerá las bases fundamentales de Cristales fotónicos, metamateriales y estructuras plasmónicas, que le permitirán manejar métodos numéricos rigurosos como una herramienta indispensable tanto en el modelado de los sistemas periódicos como en el aprendizaje e investigación de otras áreas afines de la óptica e ingeniería física.

TEMAS Y SUBTEMAS (5)

1. INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DE ESTADO SÓLIDO

- 1.1 Estructuras cristalinas
 - 1.1.1 Arreglos periódicos de átomos
 - 1.1.2 Tipos de redes fundamentales
 - 1.1.3 Sistemas de índices para planos cristalinos
 - 1.1.4 Estructuras cristalinas simples
- 1.2 Redes recíprocas
 - 1.2.1 Difracción de ondas por cristales
 - 1.2.2 Amplitud de onda esparcida
 - 1.2.3 Zonas de Brillouin
- 1.3 Bandas de energía
 - 1.3.1 Modelo del electrón libre
 - 1.3.2 Funciones de Bloch
 - 1.3.3 Ejemplo: Modelo de Kronig-Penney

2. FUNDAMENTOS DE ÓPTICA DE ONDAS

- 2.1 Modelos teóricos
 - 2.1.1 Óptica de ondas
 - 2.1.2 Óptica geométrica
- 2.2 Propagación de ondas – Ecuaciones de Maxwell
 - 2.2.1 Ecuación de onda en el vacío
 - 2.2.2 Ondas en medios dieléctricos
- 2.3 Condiciones de frontera
- 2.4 Teorema de Bloch

3. MÉTODO DE EXPANSIÓN DE ONDAS PLANAS

- 3.1 Algoritmo del método de ondas planas en 1D
 - 3.1.1 Vectores de la red recíproca y la zona de Brillouin
 - 3.1.2 Expansión de Fourier de la función dieléctrica
 - 3.1.3 Valores y vectores propios de una matriz
- 3.2 Cálculo de estructuras de bandas para cristales fotónicos 1D
 - 3.2.1 Resultados numéricos
 - 3.2.2 Estructuras de bandas fuera de eje para PhC 1D
- 3.3 Estructuras de bandas para cristales fotónicos en 2D y 3D
 - 3.3.1 Algoritmo del método de ondas planas en 2D
 - 3.3.2 Cálculo de estructuras de bandas para PhC 2D
 - 3.3.3 Algoritmo del método de ondas planas en 3D
 - 3.3.4 Cálculo de estructuras de bandas para PhC 3D

4. MÉTODO DE LA ECUACIÓN INTEGRAL

- 4.1 Consideraciones preliminares

- 4.1.1 Los campos electromagnéticos
- 4.1.2 Teorema integral de Green
- 4.1.3 Las funciones fuente
- 4.1.4 Discretización de las ecuaciones integrales
- 4.2 Problemas sujetos a condiciones de frontera
 - 4.2.1 Ecuación de Laplace
 - 4.2.2 Ecuación de Helmholtz
- 4.3 Aplicación a cristales fotónicos en 2D
 - 4.3.1 Cálculo de estructura de bandas para PhC 2D
- 4.4 Propagación del campo electromagnético
 - 4.4.1 Guías de ondas
 - 4.4.2 Sistemas periódicos

5. METAMATERIALES Y ESTRUCTURAS PLASMÓNICAS

- 5.1 Introducción
 - 5.1.1 Veselago y el medio izquierdo
 - 5.1.2 Refracción negativa en una interface plana
 - 5.1.3 Dieléctricos artificiales
 - 5.1.4 Permitividad y permeabilidad negativa
- 5.2 Fundamentos principales de los metamateriales izquierdos
 - 5.2.1 Lateralidad izquierda desde las ecuaciones de Maxwell
 - 5.2.2 Condiciones de entropía en medios dispersivos
 - 5.2.3 Condiciones de frontera
 - 5.2.4 Efectos en medios izquierdos
- 5.3 Plasmones-polaritones de superficie
 - 5.3.1 Propiedades del plasmón-polaritón de superficie
 - 5.3.2 Plasmón-polaritón en una superficie plana
 - 5.3.3 Resonancia de un plasmón en un cilindro metálico
 - 5.3.4 Simetría de un plasmón-polaritón
 - 5.3.5 Bandas de plasmones en una red cristalina
- 5.4 Aplicaciones de metamateriales y plasmones de superficie en cristales fotónicos
 - 5.4.1 Refracción negativa en cristales fotónicos
 - 5.4.2 Propiedades ópticas de estructuras plasmónicas en sistemas periódicos

Bibliografía:

- [1] Charles Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, John Wiley & Sons, 1996.
- [2] Igor A. Sukhoivanov and Igor V. Guryev, *Photonic Crystals: Physics and Practical Modeling*, Springer, 2010.
- [3] John D. Joannopoulos, Steven G. Johnson, Joshua N. Winn and Robert D. Meade, *Photonic Crystals: Molding the Flow of Light*, Second Edition, Princeton University Press, 2008.
- [4] Kiyotoshi Yasumoto, *Electromagnetic Theory and Applications for Photonic Crystals*, CRC Press, 2006.
- [5] Said Zouhdi, Ari Sihvola, and Alexey P. Vinogradov, *Metamaterials and Plasmonics: Fundamentals, Modelling, Applications*, Springer, 2009.
- [6] G. V. Eleftheriades and K. G. Balmain, *Negative-Refractive Metamaterials: Fundamentals Principles and Applications*, John Wiley & Sons, 2005.
- [7] Ricardo Marqués, Ferran Martín and Mario Sorolla, *Metamaterials with Negative Parameters*, John Wiley & Sons, 2008.
- [8] Stefan Maier, *Plasmonics: Fundamentals and Applications*, Springer, 2007.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	()
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	(X)

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	(X)

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Libros de texto: Refs. [1], [2], [3] y [5].

Lecturas obligatorias se recomiendan:

- Estructuras de cristales y redes recíprocas de la Ref. [1].
- Fundamentos de óptica de ondas de la Ref. [2].
- Diseño de cristales fotónicos para aplicaciones de la Ref. [3].
- Análisis de refracción negativa en cristales fotónicos de la Ref. [6].

Bibliografía complementaria: Refs. [4], [6], [7] y [8].

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: TÉCNICAS DE SÍNTESIS DE NANOESTRUCTURAS

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (3 hrs. en el aula 1 hr. en el laboratorio)

OBJETIVO El estudiante obtendrá los conocimientos necesarios de los métodos, equipos y técnicas experimentales más importantes sobre síntesis y caracterización de materiales nanoestructurados. Así mismo, tendrá una amplia visión de la utilización de tales conocimientos para permitirle la elaboración de protocolos de síntesis en función de las aplicaciones exigidas a los materiales.

1.-Introducción a las nanoestructuras. Interés en las nanoestructuras y perspectivas y motivación de las nanociencia y la nanotecnología. Clasificación y enfoque de estudio de la síntesis de nanomateriales.

2.-Nanoestructuras de dimensión cero: nanopartículas. Nanopartículas por nucleación homogénea: Crecimiento subsecuente del núcleo; síntesis de nanopartículas metálicas, semiconductoras y oxidadas; reacciones en fase vapor; segregación de fases en estado sólido. Reacciones en fase vapor. Nanopartículas por nucleación heterogénea: Fundamentos y síntesis de nanopartículas. Síntesis de nanopartículas bajo cinética controlada: Síntesis en micelas inversas o usando microemulsiones; síntesis por aerosol; terminación del crecimiento; pirolisis por spray; síntesis basada en templetes. Nanopartículas core-shell epitaxiales

3.-Nanoestructuras de una dimensión: nanoalambres, nanotubos. Crecimiento espontáneo: Crecimiento por evaporación (disolución) condensación; crecimiento por Vapor (o solución) líquido – sólido (VLS o SLS); recristalización inducida por estrés. Síntesis basado en templetes: Deposición electroquímica; deposición electroforética; llenado de templetes por dispersión coloidal, por solución y fundición, por deposición de vapor químico y por deposición por centrifugación. Electrorrotación. Litografía.

4.-Nanoestructuras de dos dimensiones: Películas delgadas. Fundamentos del crecimiento de películas. Ciencia y tecnología del vacío. Deposición Física de Vapor: Evaporación; epitaxia por haces moleculares, pulverización catódica. Deposición por vapor físico (PVD); deposición por vapor químico (CVD). Deposición por capas atómicas. Super-redes. Autoensamblado. Películas de Langmuir-Blodgett. Deposición electroquímica. Películas sol-gel.

5.-Nanoestructuras fabricadas por métodos físicos. Litografía: Fotolitografía; litografía electrónica; litografía de rayos X; litografía por haces de iones focalizados. Nanomanipulación y nanolitografía: Microscopía de barrido por tunelamiento; microscopía de fuerza atómica; microscopía óptica de campo cercano. Litografía suave; litografía de micro contacto; litografía por moldeado; litografía por nanoimpresión; nanolitografía tipo “dip-pen”. Ensamblado de nanopartículas y nanoalambres: Fuerzas capilares; interacciones de dispersión; ensamblado asistido por fuerzas de cizalla, por templete y por campos eléctrico y gravitacional; ensamblado unido covalentemente. Otros métodos de nano y micro fabricación.

Bibliografía:

- [1] Cao Guozhong, *Nanostructures and nanomaterials: Synthesis, properties and Applications*, World Scientific Publishing, 2006.
- [2] Philippe Knauth and Joop Schoonman, *Nanostructured Materials: Selected Synthesis Methods, Properties and Applications*, Springer-Verlag, 2002.
- [3] Bharat Bhushan, *Springer Handbook of Nanotechnology*, Springer-Verlag, 2004.
- [4] Patrik Schmuki and Sannakaisa Virtanen, *Electrochemistry at the Nanoscale*, Springer-Verlag, 2009.
- [5] Dieter Vollath, *Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications*, Wiley-VCH, 2008.
- [6] Yoon S. Lee, *Self-Assembly and Nanotechnology: A Force Balance Approach*, John Wiley & Sons, 2008.
- [7] C. N. R. Rao, A. Müller and A. K. Cheetham. *Nanomaterials Chemistry: Recent Developments and New Directions*, Wiley-VCH, 2007.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	()
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Prácticas de campo ()
Otras: ()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales (X)
Exámenes finales (X)
Trabajos y tareas fuera del aula (X)
Participación en clase (X)
Asistencia a prácticas (X)
Otras: ()

- Se evaluará con un peso de un 20% de la calificación para las tareas, un 30% para prácticas en el laboratorio, 10% para la participación en clase y 40% para exámenes parciales y final.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO.

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICA)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: La física del estado sólido es una de las disciplinas de la ciencia que se ha constituido en fundamento para el desarrollo de la tecnología moderna. El objetivo de este curso es proporcionar a los estudiantes los conocimientos básicos sobre los diversos procesos físicos que ocurren en los sólidos, para que puedan desarrollarse como investigadores en esta área de la física.

1. **Estructuras cristalinas.** Tipos de enlace. Energía de cohesión. Simetrías y redes de Bravais. Celdas unitarias y vectores primitivos. Espacio recíproco y zonas de Brillouin.
2. **Dinámica de la red.** Aproximación armónica. Aproximación adiabática. Ondas elásticas. Modos normales. Teorías de calor específico de la red.
3. **Teoría de metales.** Modelos de Drude y de Sommerfeld. Energía de Fermi y calor específico electrónico. Conducción y la ecuación de Boltzmann. Ley de Wiedemann-Franz. Aspectos básicos de superconductividad
4. **Teoría de Bandas.** Aproximación de un solo electrón. Potencial periódico y teorema de Bloch. Modelo de Kronig-Penney. Aproximación de electrones casi libres. Aproximación de amarre fuerte. Conductor, semiconductor y aislante.
5. **Semiconductores.** Semiconductores intrínsecos y extrínsecos (impurezas). Estadística de electrones y huecos (intrínsecos). Energía de ionización de centros de impurezas. Estadística de semiconductores extrínsecos.

Bibliografía:

- [1] Charles Kittel, *Introduction to solid state physics*, 7th edition, John Wiley & Sons, 1995.
- [2] Neil W. Ashcroft and N. David Mermin, *Solid state physics*, Holt-Saunders Co., 1976.
- [3] Alexander O. E. Animalu, *Intermediate quantum theory of crystalline solids*, Prentice-Hall, INC., 1977.
- [4] John Philip McKelvey, *Solid state and semiconductor physics*, Harper and Row, 1976.
- [5] Oracio Navarro, *Introducción a la Superconductividad*, Editorial Aula Magna Vol. 11 UAS, 1997.
- [6] David R. Tilley and John Tilley, *Superfluidity and Superconductivity*, Springer Verlag, 1990.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Asistencia a prácticas ()
Otras: (X)

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: ÓPTICA

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (ÓPTICA)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para identificar, describir y analizar los fenómenos de difracción en sistemas formadores de imágenes, sea capaz de resolver los problemas de transformación de Fourier por lentes y de coherencia temporal y espacial.

1. **Difracción en sistemas formadores de imágenes.** Difracción en la pupila de salida. Amplitud compleja en la vecindad del foco de una onda convergente. Aberración del frente de onda. Clasificación de aberraciones. Poder resolutor. Criterio de Rayleigh. Profundidad de foco. Tolerancias. Criterio de Strehl.
2. **Rejillas de Difracción.** Muestreo y replicación utilizando la función peine de Dirac. Patrones de difracción en rejillas de amplitud y de fase. Poder resolutor de una rejilla de difracción. Efecto Talbot.
3. **Transformación de Fourier por lentes.** Objeto pegado a la lente. Objeto antes de la lente. Objeto después de la lente. Formación de imágenes. Sistemas lineales espaciales. Caso coherente. Relación objeto-imagen. Caso incoherente. Función de transferencia óptica. Pupila circular sin aberraciones. Sistema óptico desenfocado.
4. **Síntesis de imágenes en el espacio de Fourier.** Teoría de Abbe. Método de contraste de fase. Filtraje espacial. Sistema 4f. Filtro derivador. Filtro de amplitud y fase (Filtro de Van der Lugt); Reconocimiento de patrones.
5. **Sección de Coherencia.** Representación de señales reales por señales complejas. Caso monocromático. Caso no monocromático. Señales de banda angosta: Envolventes complejos. Propagación de luz no monocromática. Luz de banda angosta (cuasi-monocromática).
6. **Coherencia temporal.** El interferómetro de Michelson. Descripción matemática del experimento. La densidad espectral de potencia. El teorema de Wiener-Khinchin.
7. **Coherencia espacial.** El experimento de Young. Descripción matemática del experimento. El teorema de Van Cittert-Zernike.

Bibliografía:

- [1] Joseph W. Goodman, *Statistical Optics*, Wiley-Interscience, 2000.
- [2] Max Born and Emil Wolf, *Principles of Optics*, Cambridge University Press, Seventh edition, 2005.
- [3] Miles V. Klein and Thomas E. Furtak, *Optics*, Second Edition, Wiley, 1986.
- [4] M. Francon, *Optical Interferometry*, Academic Press, 1966.
- [5] E. Hecht y A. Zajac, *Óptica*, Addison-Wesley Tercera Edición, 1986.
- [6] Ronald N. Bracewell, *The Fourier transform and its applications*, 3rd edition, 2000.
- [7] G. R. Fowles, *Introduction to modern optics*, Dover, 2ª edición, 1989.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	(X)

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	(X)

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Libros de texto: Refs. [1], [5] y [7].

Lecturas obligatorias se recomiendan:

- Conceptos de Interferencia y difracción de las Refs. [5] y [7].
- Tipos de interferómetros de las Refs. [5] y [7].
- Teoría de Coherencia de la Ref. [2]
- Transformadas de Fourier de la Ref. [6].

Bibliografía complementaria: Refs. [2], [3], [4] y [6].

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: LABORATORIO DE ÓPTICA

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (ÓPTICA)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el laboratorio)

Objetivo: Introducir el alumno a los principios básicos y más avanzados de óptica experimental. Por medio de esta materia el estudiante será capaz de diseñar, planear y ejecutar experimentos en el área de Óptica. Comprobará los fundamentos avanzados de la óptica por medio de prácticas experimentales y será capaz de diseñar, planear y ejecutar experimentos basados en sus conocimientos previos en óptica. Adicionalmente, se familiarizará con laboratorios de investigación en el área de la óptica operando adecuadamente equipo de investigación.

EXPERIMENTOS

Lentes Delgadas e Instrumentos Ópticos. Objetivo: Analizar la formación de imágenes por lentes delgadas. Obtener experimentalmente la Fórmula de Gauss. Construcción de un instrumento de visión cercana (microscopio).

Polarización. Ley de Malus. Objetivo: Analizar experimentalmente las propiedades de la polarización de la luz.

Polarización II. Reflexión TM. Objetivo: Medición de la curva de la Reflexión paralela para la determinación del ángulo de Brewster.

Interferencia I. Experimento de Young. Objetivo: Analizar el fenómeno de interferencia de frente de onda mediante el experimento clásico de Young. Medición de la longitud de onda media de un frente luminoso.

Interferencia II. Interferencia de dos haces. Objetivo: Medición del ángulo de inclinación de dos caras de vidrio plano-paralelas.

Interferómetro de Michelson y de Fabry-Perot. Objetivo: Estudiar los principios de operación de dos de los interferómetros más comunes, mostrando algunas de sus aplicaciones más importantes.

Difracción. Difracción por abertura circular. Objetivo: Estudiar las características de la difracción de Fraunhofer mediante los patrones de difracción producidos una abertura circular.

Red de Difracción. Objetivo: Conocer y entender una red de difracción e introducir al campo de la espectroscopia.

Radiación Láser. Objetivo: Estudiar los fundamentos de la óptica moderna por medio de la utilización y comprensión del funcionamiento de un láser. Medición de las características de un láser He-Ne.

Espectroscopía y Holografía. Objetivo: Estudiar los principios de espectroscopía y holografía más comunes, mostrando algunas de sus aplicaciones más importantes.

Bibliografía:

[1] Grant R. Fowles, *Introduction to Modern Optics*, Second Edition, Dover Publications, 1989.

[2] Eugene Hecht y Alfred Zajac, *Óptica*, Addison-Wesley, Tercera Edición, 1986.

[3] Daniel Malacara, *Óptica Básica*, Fondo de Cultura Económica, 1989.

[4] Warren J. Smith, *Modern Optical Engineering*, Third Edition, McGraw-Hill Professional, 2000.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	()
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()
Otras:	(X)

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	()
Exámenes finales	()
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	(X)
Otras:	(X)

Metodología:

Habrán exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos, para la explicación de los experimentos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes durante su desarrollo de los experimentos.

Libros de texto: Refs. [2] y [3].

Lecturas para seminarios y trabajos de investigación se recomiendan las cuatro referencias citadas.

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de la realización de los experimentos, el 20% de las exposiciones de los seminarios y trabajos de investigación, el 10% de la participación en clase, y el 20% de los reportes de cada uno de los experimentos realizados. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: PROPIEDADES FÍSICAS DE MATERIALES

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS, DOCTOR EN INGENIERÍA

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: El objetivo general del curso es que el alumno esté capacitado para poder interpretar y medir las propiedades físicas de los materiales.

1. **Propiedades mecánicas de los materiales.** Estructura de los Materiales. Teoría de la nucleación y cinética de Crecimiento. Fronteras de grano y lugares vacantes. Teorías de dislocaciones y fenómenos de deslizamiento. Maclado, deformación y Fractura Termofluencia.
2. **Propiedades eléctricas de los materiales.** Fenómenos de polarización dieléctrica. Campo eléctrico en el interior de un dieléctrico: Inducción eléctrica. Campo total. Mecanismos de polarización. Relación entre polarización y constante dieléctrica. Constante dieléctrica compleja. Fenómenos de relajación y resonancia Materiales ferroeléctricos, piroeléctricos y piezoeléctricos. Aplicaciones. Estudio de las propiedades conductoras de los materiales. Bandas de energía en sólidos. Conducción eléctrica en los sólidos. Semiconductores intrínsecos. Semiconductores extrínsecos. Localización del nivel Fermi en semiconductores. Diodos semiconductores y transistores. Materiales superconductores. Aplicaciones.
3. **Propiedades magnéticas de los materiales.** Conceptos fundamentales. Campo magnético en el vacío. Campo magnético en la materia. Inducción electromagnética y energía magnética. Magnetismo de la materia. Origen microscópico del magnetismo. Magnetismo lineal. Diamagnetismo. Paramagnetismo. Efectos cooperativos en magnetismo: Ferromagnetismo. Antiferromagnetismo y Ferrimagnetismo Magnetismo técnico. Anisotropías magnéticas. Materiales magnéticos tecnológicos y materiales magnéticos blandos.
4. **Propiedades ópticas de los materiales.** Naturaleza de la radiación electromagnética. Energía, frecuencia, longitud de onda e intensidad de una onda electromagnética. Espectro electromagnético. Luz monocromática, luz polarizada y luz natural. Interacción de la luz con la materia: Reflexión, absorción, luminiscencia y dispersión o esparcimiento. Instrumentos ópticos para la espectroscopia de materiales. Fuentes de luz. Detectores de radiación. Análisis y descomposición de la luz. Espectroscopia de absorción, Espectroscopia de emisión. Espectroscopia de vidas medias. Reflectividad.
5. **Técnicas de caracterización.** Equipos básicos para el estudio de los materiales Sistemas de vacío. Producción y medidas de bajas temperatura. Medida de propiedades termomecánicas. Ensayos termomecánicos. Medidas magnéticas. Medidas dieléctricas. Medidas ópticas. Absorción y Emisión atómica. Cromatografía. Análisis térmico. Espectroscopia IR. Visible y U.V. Espectroscopia Raman. Resonancia Magnética Nuclear.

Bibliografía:

- [1] J. M. Albella, A. M. Cintas, T. Miranda y J. M. Serratos, *Introducción a la ciencia de materiales, técnicas de preparación y caracterización*, C.S.I.C., 1993.
- [2] Robert E. Reed Hill, *Principios de Metalurgia Física*, Compañía Editorial Continental, 1968.
- [3] Derek Albert Long, *Raman Spectroscopy*, McGraw-Hill, 1977.
- [4] B. D. Cullity and C. D. Graham, *Introduction to magnetic materials*, Wiley-Blackwell, 2008.
- [5] Jesús Morcillo Rubio y Ramón Madroñero Peláez, *Aplicaciones prácticas de la espectroscopia infrarroja*, Santillana, 1962.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: FENÓMENOS INTERFACIALES

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS

HRS./SEM.: 4 (2 hrs en Aula y 2 en Laboratorio)

Objetivo: Proveer al estudiante con el conocimiento fundamental requerido para comprender el comportamiento de superficies e interfaces. Hacer de su conocimiento las técnicas experimentales y teóricas modernas utilizadas para caracterizar y estudiar superficies e interfaces. Enseñarle la forma de aplicar este conocimiento para el estudio de fenómenos novedosos y el desarrollo de tecnología.

1. **Introducción a las superficies e interfaces.** Líquidos y superficies líquidas; Sólidos y superficies sólidas. Relación de área a volumen y energía libre superficial.
2. **Interacciones moleculares.** Fuerzas intramoleculares. Fuerzas y potenciales intermoleculares. Interacciones coulómbicas. Interacciones ion-dipolo y dipolo-dipolo. Interacciones entre dipolos inducidos y permanentes. Interacciones de van der Waals. Potenciales de Lennard-Jones. Enlace de hidrógeno. Interacciones hidrofóbicas e hidrofílicas.
3. **Termodinámica de interfases.** Introducción a la termodinámica de interfases. Interfase de Gibbs y funciones de exceso. Fenómenos de adsorción. Condiciones de equilibrio en interfases múltiples. Relación entre parámetros termodinámicos y fuerzas intermoleculares.
4. **Superficies líquidas puras.** Transiciones de fase en líquidos puros. Ecuación de Young-Laplace. Capilaridad. Variación de la tensión superficial con la temperatura y la presión. Condensación capilar y nucleación.
5. **Superficies de soluciones líquidas.** Equilibrio. Funciones termodinámicas de exceso y mezclado. Soluciones que contienen surfactantes solubles. Termodinámica de adsorción de monocapas solubles de Gibbs en superficies líquidas. Monocapas de Langmuir de materiales insolubles sobre superficies líquidas. Micelas, bicapas, vesículas, liposomas, membranas celulares y micelas invertidas, micoemulsiones.
6. **Determinación experimental de la tensión superficial en superficies e interfaces líquidas.** Método de la capilaridad. Método de la gota colgante. Método de la presión máxima de burbuja. Método del anillo. Métodos aplicables a interfases. Microtensiometría. Medidas sobre metales fundidos. Efectos de surfactantes.
7. **Energía potencial de interacción entre partículas y superficies.** Fuerzas entre partículas y entre moléculas, diferencias y similitudes. Interacciones de van der Waals entre cuerpos macroscópicos. Cálculos de constante de Hamaker. Medias experimentales de las constantes de Hamaker. Efectos del solvente.
8. **Superficies sólidas.** Propiedades generales de superficies sólidas. Tensión y energía libre superficial de superficies sólidas. Adsorción. Isotherma de Langmuir. Isotherma de adsorción B.E.T. Termodinámica de la adsorción. Efectos catalíticos de superficies.
9. **Angulo de contacto.** Ecuación de Young. Medidas de ángulos de contacto y su dependencia con la temperatura. Angulo de contacto para polvos. Hysteresis en medidas de ángulo de contacto. Tensión superficial de sólidos a partir de medidas de ángulo de contacto.
10. **Aplicaciones.** Adsorción; Detergencia; Microemulsificación; Flotación; Coagulación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Bibliografía:

- [1] Husnu Yildirim Erbil, *Surface chemistry of solid and liquid interfaces*, Blackwell Publishing Ltd, 2006.
[2] Arthur W. Adamson and Alice P. Gast, *Physical Chemistry of surfaces*, John Wiley & Sons, 1997.
[3] Paul C. Hiemenz and Raj Rajagopalan, *Principles of Colloid and Surface Chemistry*, Third Edition, Marcel Dekker Inc., 1997.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	(X)
Otras:	()

- En la evaluación a través de las Exposiciones Audiovisuales y Trabajos de Investigación los estudiantes leerán artículos científicos recientes seleccionados, que después implementarán en el laboratorio y mostrarán el arreglo experimental al profesor y sus compañeros, o alternativamente, profundizarán en su comprensión y realizarán Exposiciones Audiovisuales frente a grupo. Para realizar esta actividad, los estudiantes del curso serán organizados en equipo, a cada equipo se le asignará un tema de investigación a profundizar, y de forma programada realizarán la Exposición de su Tema de Investigación. Esta actividad se realiza para que los estudiantes tengan un acercamiento directo con las aplicaciones modernas de la materia.
- En este curso se deja a los estudiantes problemas de tarea tanto teóricos como experimentales, en los experimentales antes de implementar los arreglos en el laboratorio deben planearlos con anticipación. En los Ejercicios Dentro de Clase, los estudiantes expondrán la forma en que abordaron los problemas teóricos de las tareas, así como la forma en que planearon las prácticas de laboratorio antes de realizarlas.
- En las Prácticas en Laboratorio los estudiantes implementaran, con la guía del profesor, los experimentos demostrativos y de Investigación que lleven a la comprensión integra de los temas del curso.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: ELECTROQUÍMICA

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS

HRS./SEM.: 4 (2 hrs en Aula y 2 en Laboratorio)

Objetivo: Proveer al estudiante con un conocimiento avanzado de los fundamentos de la electroquímica y conocimiento práctico de la gran variedad de técnicas experimentales disponibles para el estudio de la transferencia de electrones a través de interfaces.

1. **Conceptos fundamentales de electroquímica.** Corrientes eléctricas y conductores iónicos. Procesos Faradaicos. Doble capa eléctrica. Electrocapilaridad.
2. **Potenciales de electrodo.** Diferencia de potencial interfacial. Corriente de intercambio. Potencial de circuito abierto. Potencial de electrodo. Voltaje de celda. Potencial electroquímico.
3. **Termodinámica de sistemas electroquímicos.** Funciones termodinámicas en electroquímica. Actividad termodinámica. Ecuaciones para la fuerza electromotriz en celdas galvánicas. Dependencia del potencial de electrodo de la concentración de especies.
4. **Reacciones de electrodo y propiedades interfaciales.** Voltametría Cíclica. Mecanismos de reacción. Espectroscopia electroquímica. Microscopía electroquímica de barrido. Microbalanza de cristal de cuarzo. Espectroscopía de impedancia electroquímica.
5. **Técnicas de potencial controlado.** Cronoamperometría. Polarografía. Voltametría pulsada. Voltametría AC.
6. **Consideraciones prácticas.** Celdas electroquímicas. Solventes y electrolitos de soporte. Remoción de oxígeno. Instrumentación. Electrodo de trabajo, electrodo de mercurio, electrodos sólidos, electrodos de disco rotatorio y cilindro rotatorio, electrodos químicamente modificados, microelectrodos.
7. **Potenciometría.** Principios de medidas potenciométricas. Electrodo de ion selectivo. Medidas potenciométricas en línea, en sitio y en vivo.
- 8.- **Técnicas de corriente controlada.** Corriente constante. Barrido lineal de corriente. Inversión de corriente. Cronoamperometría cíclica
- 9.- **Espectroscopía de Impedancia Electroquímica.** Impedancia. Aplicaciones de la Transformadas de Laplace a circuitos eléctricos. Circuito eléctrico equivalente. Obtención de información electroquímica a partir de la impedancia.

Bibliografía:

- [1] Allen J. Bard and Larry R. Faulkner, *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*, John Wiley & Sons Inc. 2001.
- [2] Joseph Wang, *Analytical electrochemistry*, John Wiley & Sons Inc. 2006.
- [3] John O'M. Bockris, Amulya K. N. Reddy and Maria Gamboa-Aldeco, *Modern Electrochemistry, Fundamentals of Electrodics*, Second Edition, Springer, 2001.
- [4] Vladimir Sergeevich Bagotsky, *Fundamentals of electrochemistry*, John Wiley & Sons Inc. 2006.
- [5] Evgenij Barsoukov and J. Ross Macdonald, *Impedance Spectroscopy: Theory, Experiment, and Applications*, John Wiley & Sons Inc. 2005.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Otras: ()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	(X)
Otras:	()

- En la evaluación a través de las Exposiciones Audiovisuales y Trabajos de Investigación los estudiantes leerán artículos científicos recientes seleccionados, que después implementarán en el laboratorio y mostrarán el arreglo experimental al profesor y sus compañeros, o alternativamente, profundizarán en su comprensión y realizarán Exposiciones Audiovisuales frente a grupo. Para realizar esta actividad, los estudiantes del curso serán organizados en equipo, a cada equipo se le asignará un tema de investigación a profundizar, y de forma programada realizarán la Exposición de su Tema de Investigación. Esta actividad se realiza para que los estudiantes tengan un acercamiento directo con las aplicaciones modernas de la materia.
- En este curso se deja a los estudiantes problemas de tarea tanto teóricos como experimentales, en los experimentales antes de implementar los arreglos en el laboratorio deben planearlos con anticipación. En los Ejercicios Dentro de Clase, los estudiantes expondrán la forma en que abordaron los problemas teóricos de las tareas, así como la forma en que planearon las prácticas de laboratorio antes de realizarlas.
- En las Prácticas en Laboratorio los estudiantes implementaran, con la guía del profesor, los experimentos demostrativos y de Investigación que lleven a la comprensión integra de los temas del curso.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: MÉTODOS NUMÉRICOS.

CLAVE: B

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (2 Hrs. Aula y 2 Hr. En el Laboratorio)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad para resolver problemas numéricos que surgen en las aplicaciones utilizando herramientas computacionales como FORTRAN, MATLAB y MATHEMATICA.

1. **Sistemas numéricos.** Aritmética con un número finito de dígitos. Bases binarias y decimales. Sistema numérico de punto flotante. Precisión simple y doble. Pérdida de precisión. Propagación de errores. Problemas mal condicionados.
2. **Fortran90.** Notación. Líneas y declaraciones. Tipos de variables. Expresiones. Arreglos. Declaraciones de asignación, de control y de entrada/salida. Sistema de entrada/salida. Estructura de archivos. Programas, subrutinas y funciones. Librerías. Sistema operativo y Fortran. Compilación y ejecución. Errores comunes.
3. **Matlab y Mathematica.** Tipos y dimensión. Subíndices. Operaciones. Matrices y vectores. Ciclos y condicionales. Submatrices. Funciones internas. Funciones externas. Interacción con el sistema operativo. Gráficos y su manejo.
4. **Aproximación.** Interpolación de Hermite. Splines. Mínimos cuadrados con polinomios. Funciones ortogonales. Polinomios trigonométricos. Funciones racionales. Laboratorio de cómputo.
5. **Sistemas de ecuaciones.** Sistemas lineales. Factorización LU . Eigenvalores. Inversa y Pseudoinversa. Normas matriciales. Sistemas no lineales. Punto fijo para varias variables. Método de Newton. Método de descenso rápido. Laboratorio de cómputo.
6. **Transformada rápida de Fourier y Wavelets.** Transformada discreta de Fourier. Factorización raíz de 2. Operadores mariposa. TRF en varias variables. Ventanas y escalas. Funciones base. Haar wavelets. Transformada wavelets discreta. Análisis de frecuencias. Laboratorio de cómputo.
7. **Problemas diferenciales.** Diferenciación e integración numérica. Diferencias finitas. Valores a la frontera. Método del elemento finito. Aproximación de Rayleigh-Ritz. Polinomios a trozos. Elementos finitos triangulares y rectangulares. Ecuaciones diferenciales parciales. Problemas elípticos. Laboratorio de cómputo.

Bibliografía:

- [1] Richard L. Burden and J. Douglas Faires, *Análisis Numérico*, Octava Edición, I. T. P. Latin America, 2001.
- [2] S. Conte and C. deBoor, *Elementary Numerical Analysis*, McGraw-Hill, 1980.
- [3] A. Kharab and R. Guenther, *An Introduction to Numerical Method. A MATLAB Approach*, Second Edition, Chapman & Hall/CRC, 2006.
- [4] Y. Kwon and H. Bang, *The Finite Element Method Using MATLAB*, Second Edition, CRC Press, 2000.
- [5] O. C. Zienkiewicz and R. L- Taylor, *The Finite Element Method. Volume 1. The Basis*, 5th Edition, Butterworth-Heinemann, 2000.
- [6] M. C. Suarez A. <http://www.fismat.umich.mx/~marioc/>
- [7] E. Becker, G. Carey and J. Tinsley, *Finite Elements, An Introduction, Volume I*, Prentice-Hall, 1981.
- [8] W. H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling and Brian P. Flannery, *Numerical Recipes in Fortran 90*, Cambridge University Press, 1996.
- [9] S. Nakamura, *Análisis numérico y visualización gráfica con Matlab*, Prentice-Hall, 1992.
- [10] S. Wolfram, *Mathematica*, Cambridge University Press, 1999.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	(X)
Otras:	()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 30% de los exámenes parciales, 20% de prácticas en el laboratorio, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: ESTADÍSTICA APLICADA

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para resolver problemas básicos en Estadística aplicada.

1.-Inferencia estadística. Distribución muestral de una estadística. Principios de la inferencia clásica. Ejemplos de Estadísticas. Inferencia Estadística. Inferencia Bayesiana. Estimación de Parámetros: Estimadores sin sesgo, eficientes, consistentes. El Método de Máxima Verosimilitud. Ejemplos de Estimadores. Intervalos de Confianza: distribución normal, binomial y arbitraria.

2.- Pruebas de Hipótesis estadísticas. Alternativas y tipos de errores. Aplicación a la distribución normal. Comparación de Variancias de distribuciones normales. Pruebas óptimas. Lema de Neyman-Pearson. Razón de verosimilitud. El método de mínimos cuadrados, regresión lineal y multilínea. Intervalos de Confianza. Curva de regresión no lineal.

3.- Análisis de Correlación y Errores. Coeficientes de correlación de muestras y poblaciones. Intervalos de confianza. Errores de Medición. Media ponderada. Observaciones indirectas. Análisis de regresión. Métodos no paramétricos. Pruebas para la mediana y la tendencia. Aleatoriedad en muestras. Prueba de igualdad de distribuciones. Prueba de rango para dos muestras.

4.- Funciones de Decisión y Ejemplos. Problemas de decisiones. Pérdida y Riesgo. Procedimiento teórico de decisiones. Pérdidas y Utilidades. Principios Minimax y de Bayes para escoger funciones de decisión. Observaciones Generales y Ejemplos prácticos. Aplicación al Petróleo.

5.- Naturaleza y Manipulación de Datos estadísticos. Datos cuantitativos y cualitativos y su representación. Análisis por Series de Tiempo. Coeficientes de Correlación. Presentaciones Tabular y Diagramática de datos cualitativos y cuantitativos. Pruebas estadísticas para datos cuantitativos y cualitativos. Análisis de la variancia y regresión. Modelado de Datos Geológicos.

6.- Análisis Estadístico con Series de Tiempo. Modelos estacionarios con Series de Tiempo. Ejemplos: AR, AM y ARMA. Modelos no estacionarios: ARIMA, SARIMA. Modelos Univariados y Multivariados. Estimación muestral. Covariancia. Estimación de Parámetros. Algoritmos de Autoregresión. Residuos y Diagnósticos. Predicción. Mejores predictores lineales. Análisis Espectral. Uso de Matemática.

Bibliografía:

- [1] R. Coleman, *Procesos Estocásticos: Vol. 14*, Limusa, 1986.
- [2] Bernard W. Lindgren, *Statistical Theory*, Third Edition, MacMillan Publishing Company, 1976.
- [3] Erwin Kreyszig, *Introducción a la Estadística Matemática: Principios y métodos*, Limusa-Wiley, 1973.
- [4] D. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley & Sons, 1991.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	()
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Libros de texto: Refs. [1], [2], [3] y [4].

Lecturas obligatorias se recomiendan:

- El Método de Máxima Verosimilitud. [1].
- Análisis de correlación: Métodos no paramétricos. [2].
- El método de mínimos cuadrados. [3].
- Modelado de Datos Geológicos. [6].

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: ELEMENTOS FINITOS

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (2 Hrs. En el Aula y 2 Hrs. en el Laboratorio)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para resolver problemas básicos en modelado usando Elementos Finitos.

1.- Introducción. Hipótesis de discretización. Funciones de interpolación. Expresión de las deformaciones unitarias. Relación tensión-deformación unitaria. Ecuación de equilibrio de un elemento. Ecuación de equilibrio del conjunto. Minimización de la energía potencial. Cálculo de tensiones. Criterios de convergencia.

2.- Modelos 1D. Estructuras de barras.

3.- Modelos de potencial. Electroestática, transmisión de calor, flujo en medios porosos.

4.- Elasticidad lineal. Formulaciones fuerte y variacionales.

5.- Elasticidad 2D, modelos axilimétricos y tridimensionales.

6.- Elementos isoparamétricos. Elementos 2D triangulares y cuadriláteros.

7.- Elementos 3D. Cuadraturas. Convergencia y Estabilidad del MEF. Elementos mixtos y elementos mejorados.

8.- Generación de mallas, pre y post-proceso de resultados.

9.- Modelos estructurales. Vigas.

10.- Problemas parabólicos e hiperbólicos.

Bibliografía:

- [1] O. C. Zienkiewicz and R. L. Taylor, *The Finite Element Method Vol. 1: The Basics*, Butterworth-Heinemann, 2000.
- [2] O. C. Zienkiewicz and R. L. Taylor, *The Finite Element Method Vol. 2: Solid Mechanics*, Butterworth-Heinemann, 2000.
- [3] E. Oñate, *Cálculo de Estructuras por el Método de los Elementos Finitos*, CIMNE, 1992.
- [4] K. J. Bathe, *Finite Element Procedures in Engineering Analysis*, Prentice-Hall, 1996.
- [5] M. A. Crisfield, *Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures*, John Wiley & Sons, 1991.
- [6] K. H. Huebner, E. A. Thornton and T. Byrom, *The Finite Element Method for Engineers*, John Wiley & Sons, 1995.
- [7] T. Belytschko, W. K. Liu and B. Moran, *Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures*, John Wiley & Sons, 2000.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Prácticas de campo ()
Otras: ()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales (X)
Exámenes finales (X)
Trabajos y tareas fuera del aula (X)
Participación en clase (X)
Asistencia a prácticas (X)
Otras: ()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 30% de los exámenes parciales, 20% de prácticas en el laboratorio, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: ECUACIONES DIFERENCIALES APLICADAS

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para resolver problemas básicos en Ecuaciones Diferenciales ordinarias y parciales.

1.- Ecuaciones diferenciales ordinarias. Estabilidad de soluciones de ecuaciones y sistemas. Teoría de perturbaciones. Dinámica no lineal. Bifurcaciones.

2.- Introducción a ecuaciones parciales. Derivación de ecuaciones de onda, calor y Laplace. Características y ecuaciones del primer orden. Separación de variables.

3.- El problema de Sturm-Liouville, series e integrales de Fourier. El problema de Sturm-Liouville. Ecuaciones integrales. Funciones especiales (Bessel, polinomios ortogonales). Series e integrales de Fourier. Aplicaciones.

4.- Ecuaciones elípticas. Teoría de potencial. Funciones generalizadas, funciones de Green, soluciones fundamentales. Aplicaciones.

5.- Propagación de ondas. Soluciones de la ecuación de ondas en 1, 2 y 3 dimensiones. Ecuación de Helmholtz y condiciones de radiación. Ecuaciones de ondas no lineales, solitones.

Bibliografía:

- [1] Erwin Kreyszig, *Advanced Engineering Mathematics*, Wiley, 2011.
- [2] Glyn James, David Burley, Dick Clements, Phil Dyke, John Searl, Nigel Steele and Jerry Wright, *Advanced Modern Engineering Mathematics*, Pearson, 2011.
- [3] Alan Jeffrey, *Advanced Engineering Mathematics*, Academic Press, 2002.
- [4] Richard Courant and D. Hilbert, *Methods of Mathematical Physics*, John Wiley & Sons, 1989.
- [5] V. S. Vladimirov, *Equations of mathematical physics*, Mir, 1984.
- [6] A. N. Tijonov y A. A. Samarsky, *Ecuaciones de la física matemática*, Mir, 1980.
- [7] Mark H. Holmes, *Introduction to perturbation methods*, Springer, 1995.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	()
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	()
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

- Se evaluará con un peso de un 60% de la calificación de exámenes parciales, un 30% examen final, 10% calificación de las tareas y trabajo en clase.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: DINÁMICA NO LINEAL Y CAOS.

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (2 Hrs. Aula y 2 Hr. En el Laboratorio)

Objetivo: Que el estudiante maneje los conocimientos de teorías del caos y comprenda sus principios, ecuaciones y fundamentos para resolver los problemas básicos de caos cuántico.

1. **Fenomenología del Caos.** Sistemas lineales y no lineales. Un sistema eléctrico no lineal. Modelo matemático de crecimiento biológico de la población. Un modelo de convección.
2. **Dinámica en el espacio de estados: Una y dos dimensiones.** Espacio de estados. Sistemas descritos por ecuaciones diferenciales de primer orden. Espacio de estados en una y dos dimensiones. Dinámica y valores característicos complejos. Análisis de estabilidad lineal. Clasificación de puntos fijos. Ciclos límite. Teorema de Poincaré-Bendixson. Introducción a la Teoría de bifurcaciones. Ejemplos y aplicaciones.
3. **Flujos en tres dimensiones y caos.** Rutas hacia el caos. Sistemas dinámicos en tres dimensiones. Puntos fijos en tres dimensiones. Ciclos límite y secciones de Poincaré. Exponentes de Liapouov y caos. La universalidad del caos. Atractores extraños.
4. **Sistemas Hamiltonianos.** Ecuaciones de Hamilton y la Hamiltoniana. Espacio Fase. Constantes de movimiento y Hamiltonianas integrables. Sistemas integrables y no integrables, el teorema de KAM. Caos Hamiltoniano. Hamiltoniano de Hénon-Heiles. Aplicaciones de dinámica Hamiltoniana.
5. **Caos cuántico y otros tópicos.** Mecánica cuántica y caos. Formación de patrones y caos espacio temporal. Fluidos 2-dimensionales. Convección de fluidos. Teoría colineal débil. Ecuaciones de amplitud. El sistema de Rayleigh- Benard. Fractales.

Bibliografía:

- [1] Robert C. Hilborn, *Chaos and Nonlinear Dynamics, an Introduction for Scientists and Engineers*, Oxford University Press, 1994.
- [2] J. M. T. Thompson and H. B. Stewart, *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Wiley, 2002.
- [3] Edward Ott, *Chaos in Dynamical Systems*, Cambridge University Press, 2002.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Asistencia a prácticas (X)
Otras: ()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 30% de los exámenes parciales, 20% de prácticas en el laboratorio, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: FENÓMENOS DE TRANSPORTE.

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN INGENIERÍA, DOCTOR EN CIENCIAS

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera el conocimiento necesario sobre los fenómenos de transporte principalmente de masa y calor así como las leyes de conservación que le permitan establecer modelos simples en los sistemas físicos y biológicos. El transporte de momento se trata someramente ya que corresponde propiamente a la dinámica de fluidos.

1. **Introducción.** Hipótesis del continuo. Teoría molecular del transporte. Difusión, convección y radiación. Leyes de conservación y balance. Fuerzas y flujos generalizados. Ecuación de transporte. Ecuaciones adimensionales.
2. **Transporte de momentum.** Fluidos. Flujos laminares. Viscosidad de un fluido. Efectos de la temperatura y presión. Ley de Newton. Balance de momento entre capas. Perfil de velocidad. Flujo a través de obstáculos. Ecuación de continuidad. Ecuación de movimiento. Ecuación para la energía y el momento angular. Derivada sustancial. Análisis dimensional de las ecuaciones. Problema numérico: flujo laminar inestable en un tubo circular.
3. **Transporte de calor.** Ley de Fourier. Conductividad térmica. Dependencia de la temperatura y presión. Balance de energía. Conducción de calor estacionaria. Paredes cilíndricas y esferas. Distribuciones de temperatura. Conducción de calor no estacionaria. Transferencia de calor en un medio finito. Transferencia de calor por convección en cilindros. Transferencia de calor por convección alrededor de obstáculos. Transferencia de calor durante condensación y ebullición. Problema numérico: transferencia de calor en un impulsor circular.
4. **Transporte de masa.** Ley de Fick. Coeficiente de difusión. Dependencia de la temperatura y presión. Balance de masa. Difusión estacionaria. Distribuciones de concentración. Transferencia de masa con convección forzada. Transferencia de masa en flujos laminares y turbulentos. Transferencia de masa con reacciones químicas homogéneas. Difusión en suspensiones y polímeros. Absorción de gases. Evaporación de líquidos. Transporte de masa y calor simultáneo: secado. Problema numérico: transferencia de masa con convección y difusión simultánea.

Bibliografía:

- [1] R. Byron Bird, Warren E. Stewart and Edwin N. Lightfoot, *Transport Phenomena*, John Wiley & Sons, 2002.
- [2] The Staff of REA, *The Transport Phenomena Problem Solver*, Research and Education Association, 1991.
- [3] W. J. Thompson, *Introduction to Transport Phenomena*, Prentice Hall, 2000.
- [3] J. Bear and Y. Bachmat, *Introduction to Modeling of Transport Phenomena in Porous Media*, Kluwer Academic Publishers, 1991.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	()
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Otras: ()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Libros de texto: Refs. [1], [2] y [3] .

Lecturas obligatorias se recomiendan:

- Problema numérico: flujo laminar inestable en un tubo circular. [1].
- Absorción de gases. [2].
- Transporte de masa y calor simultáneo: secado. [3].

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: MECÁNICA DE FLUIDOS.

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS, DOCTOR EN INGENIERÍA

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para modelar y resolver problemas en el área de Mecánica de Fluidos.

1. **Generalidades.** Hipótesis del continuo. Teoría molecular del transporte. Fuerzas volumétricas y superficiales. Conceptos termodinámicos. Líquidos y gases. Condiciones de frontera entre medios diferentes.
2. **Dinámica de un fluido.** Campos de flujo y leyes de conservación. Derivada material. Distribuciones de velocidad sin vorticidad. Flujos irrotacionales e incompresibles en dos y tres dimensiones. Potencial complejo. Campo de velocidad con vorticidad. Fuentes y sumideros. Distribuciones de vorticidad. Integrales materiales en un fluido. Ecuación de momento. Ecuación constitutiva en fluidos newtonianos. Ecuaciones de Navier-Stokes. Energía interna de un fluido. Teorema de Bernoulli. Conjunto de ecuaciones para el movimiento de un fluido.
3. **Fluido incompresible viscoso.** Flujos uniformes. Fluidos rotantes. Jets uniformes. Similaridad y el número de Reynolds. Lubricación. Colado a través de medios porosos. Flujos en esquinas. Movimiento de cuerpos en fluidos. Suspensiones diluidas.
4. **Efectos de la viscosidad.** Dinámica de vórtices. Vorticidad en un fluido no viscoso. Flujos generados por superficies. Capas de frontera. Arrastre sobre burbujas en fluidos.
5. **Fluidos irrotacionales.** Ecuaciones de movimiento y su integración. Flujos estables (teoremas de Bernoulli y del momentum). Flujo causado por movimiento de cuerpos. Potencial complejo en dos dimensiones. Alas y alerones. Impactos de cuerpos en superficies de líquidos. Burbujas. Cavitación. Jets uniformes.

Bibliografía:

- [1] G. K. Batchelor, *An Introduction to Fluid Dynamics*, Cambridge University Press, 2002.
- [2] D. J. Tritton, *Physical Fluid Dynamics*, Oxford Science Publications, 1988.
- [3] O. Kolditz, *Computational Methods in Environmental Fluid Mechanics*, Springer-Verlag, 2002.
- [4] J. Tannehill, *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*, Taylor and Francis, 1997.
- [5] Ira M. Cohen and Pijush K. Kundu, *Fluid Mechanics*, Academic Press, 2004.
- [6] A. J. Smits, *Mecánica de fluidos*, Alfaomega, 2003.
- [7] R. A. Brown, *Fluid Mechanics of the Atmosphere*, Academic Press, 1991.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	()
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Asistencia a prácticas ()
Otras: ()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Lecturas obligatorias se recomiendan:

- Condiciones de frontera entre medios diferentes. [1].
- Flujos en esquinas. [1].
- Arrastre sobre burbujas en fluidos. [1,2].
- Alas y alerones [1].

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: **ELEMENTOS DE FRONTERA**

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS, DOCTOR EN INGENIERÍA

HRS./SEM.: 4 (2 Hrs. En el Aula y 2 Hrs. en el Laboratorio)

Objetivo: El alumno aprenderá a plantear y resolver problemas prácticos en la Física de Medios Continuos con modelos matemáticos empleando ecuaciones en derivadas parciales (EDP). Adquirirá las técnicas de resolución numérica de EDP más avanzadas como son los Elementos de Frontera, apoyándose en lenguajes de programación como *Mathematica*, MatLab y FORTRAN- 90 o C++

- 1. Requisitos Matemáticos Preliminares.** Algebra Lineal Numérica. Matrices llenas sin Estructura. El Teorema General de Stokes. Clasificación de Ecuaciones en Derivadas Parciales. Valor inicial y condiciones de frontera. Los Teoremas de Green. La Distribución de Dirac en 1D, 2D y 3D. Aproximación con Polinomios. Bases y Espacios Funcionales. Integración Numérica de Integrales de Línea. Cuadraturas de Gauss. Programación Básica con *Mathematica* y en Matlab.
- 2. Las Integrales de Contorno en la Solución de Ecuaciones en Derivadas Parciales.** Breve Introducción Histórica a los Elementos de Frontera. Modelos de Interpolación en 1, 2 y 3 dimensiones. Mallas de Frontera. La Solución Fundamental para la Ecuación de Laplace y de Poisson en 2D. El Método de Superficies y Volúmenes Finitos Integrados (SVFI).
- 3. Elementos de Frontera en la Solución de Ecuaciones en Derivadas Parciales.** Soluciones Fundamentales en Dominios Finitos e Infinitos. Problemas de Potencial Aplicados: Ecuaciones de Laplace y de Poisson. Solución de Problemas en Elasticidad Lineal. Problemas Térmicos. Solución de la ecuación de Helmholtz y las Olas en el Océano. Flujo Subterráneo en Medios Porosos Anisotrópicos.
- 4. Elementos de Frontera en la Deformación Elástica de Medios Continuos.** Las Leyes Fundamentales de Conservación en Medios Elásticos. Desplazamiento Vectorial. Tensores de Esfuerzos y Deformaciones. Las Ecuaciones Elásticas Fundamentales con Elementos de Contorno. Problemas selectos de Elasticidad y Termoelasticidad en 2D.

Bibliografía:

- [1] R. Haberman, *Elementary Applied Partial Differential Equations*, Prentice-Hall, 1983.
- [2] P. Kythe, *An Introduction to Boundary Element Methods*, CRC Press, 1995.
- [3] S. Wolfram, *Mathematica, a System for Doing Mathematics by Computer*, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [4] M. Subrata and Y. Mukherjee, *Boundary Methods: Elements, Contours and Nodes*, Taylor & Francis Group, 2005.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	(X)
Otras:	()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 30% de los exámenes parciales, 20% de prácticas en el laboratorio, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: FÍSICA DE MEDIOS ELÁSTICOS

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: El estudiante aplicará las herramientas básicas del análisis tensorial necesarias para la formulación de leyes de comportamiento en Mecánica de Medios Elástico. Adquirirá los conocimientos teórico-prácticos fundamentales sobre fluidos, sólidos y objetos elásticos comunes en sistemas físicos y en estructuras. Se capacitará en el manejo de las técnicas matemáticas para resolver problemas prácticos en estos sistemas.

1.- Conceptos Físicos y Matemáticos Fundamentales.

- 1.1. Elementos de análisis tensorial y de análisis funcional. Operadores diferenciales.
- 1.2. Introducción a la teoría de invariantes. El Teorema de Stokes.
- 1.3. Lema fundamental de la Física del Continuo. El Teorema de Transporte de Reynolds.
- 1.4. Deducción de los Principios Fundamentales de Conservación: Masa, Momentum, Energía.
- 1.5. Forma Integral de los Principios Fundamentales de Conservación.
- 1.6. El Método de las Superficies Finitas Integradas en Medios Continuos.

2.- Mecánica Clásica de Medios Continuos Deformables.

- 2.1. Descripciones de Lagrange y de Euler del movimiento.
- 2.2. Deformación tensorial del Continuo. Vector desplazamiento.
- 2.3. Tensores de Green-Lagrange y de Almansi-Euler.
- 2.4. Campo de Deformaciones y de Velocidades en Medios Continuos.
- 2.5. Ejemplos sencillos de cálculo de deformaciones.
- 2.6. Vibraciones en Medios Continuos en 1D y 2D.
- 2.7. Los principios generales de conservación: Masa, Momento Lineal y Angular.
- 2.8. Círculos de Mohr. Sólidos elásticos lineales. Fluidos compresibles.

3.- Modelos y Técnicas de Solución de Problemas en Medios Continuos.

- 3.1. Ley de Hooke para la Elasticidad lineal. Forma Tensorial y Forma Vectorial.
- 3.2. Deformación pura y Rotación pura. El Tensor de Elongaciones.
- 3.3. Tensión y deformación planas. Ecuación Fundamental en 2D.
- 3.4. Medios isotrópicos. Constantes elásticas. Función de tensión de Airy.
- 3.5. Problemas clásicos de elasticidad: el principio de Saint Venant.
- 3.6. Tracción y compresión de objetos cilíndricos. Barras, Vigas y Placas.
- 3.7. Equilibrio de recipientes esféricos sometidos a presiones internas.
- 3.8. El Método de Elementos Finitos en problemas de estructuras elásticas.

Bibliografía

- [1]. Eringen, C. (1976). *Continuum Physics* - Vols. I, II. Academic Press.
- [2]. Mase, T. G. (1999). *Continuum Mechanics for Engineers*. CRC Press. New York (377 págs., 2nd Ed.).
- [3]. Suárez, C. (2012) *Notas del Curso de Mecánica de Medios Continuos* (en preparación), FCFM-UMSNH.
- [4]. Truesdell, C. (1966). *The mechanical foundations of elasticity and fluid dynamics*. Gordon & Breach Science Pub. New York (436 págs.).

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	()
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

- Se evaluará con un peso de un 60% de la calificación de exámenes parciales, un 30% examen final, 10% calificación de las tareas y trabajo en clase.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: FÍSICA DE MEDIOS POROSOS

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el alumno conozca los resultados fundamentales del flujo de fluidos en medios porosos y sea capaz de aplicarlos a fenómenos naturales en acuíferos, reservorios geotérmicos, hidrocarburos y en biología. El estudiante podrá construir modelos simples, para geometrías idealizadas de flujo, y también podrá plantear modelos numéricos para flujos no-isotérmicos en dos y tres dimensiones.

1.- Los conceptos fundamentales del flujo en medios porosos.

- 1.1. Parámetros de la roca: Porosidad. Permeabilidad. Transmisibilidad y almacenamiento.
- 1.2. Volúmenes del Poro, del Sólido y Estructural. Compresibilidades.
- 1.3. Ley de Darcy para flujo monofásico e isotérmico. Soluciones fundamentales.
- 1.4. Aplicación a flujos ligeramente compresibles. Ecuación parabólica de conducción de flujo.
- 1.5. Geometrías de Flujo simplificadas: lineal, radial, esférica, elíptica.

2.- Propiedades Físicas y Matemáticas del Fluido.

- 2.1. Viscosidad, Conductividad Térmica y Calor Específico del Fluido.
- 2.2. Flujo en dos fases. Adsorción y Capilaridad. Permeabilidades Relativas.
- 2.3. Histéresis, Imbibición y Drenaje en yacimientos de aceite y gas.
- 2.4. Fluidos no isotérmicos: ecuaciones integrales de la masa y de la energía.
- 2.5. Generalización de la ley de Darcy para flujos multifásicos no isotérmicos.
- 2.6. Ecuación general de estado del agua para usos geotérmicos e industriales.

3.- Modelos Matemáticos del flujo en medios porosos con aplicaciones.

- 3.1. El Modelo de Advonin. El Modelo de Donaldson. El modelo de Warren y Root.
- 3.2. Análisis de Pruebas de Presión en Pozos productores de fluido.
- 3.3. Modelo Compuesto de Doble Porosidad-Permeabilidad.
- 3.4. Modelo general para el transporte de masa y energía en medios de múltiple porosidad.
- 3.5. Uso del simulador numérico TRAMER3 en código FORTRAN.

4.- Fenómenos Acoplados en medios porosos fracturados.

- 4.1. El concepto de termo-poroelasticidad. Deformación Poroelástica de la Roca.
- 4.2. Ecuaciones de la Poroelasticidad Lineal Acopladas al Flujo de Fluidos Isotérmicos.
- 4.3. Sistemas multiporosos y multipermeables. Ejemplos en México.
- 4.4. Cálculo de Parámetros Promedio en las Interfaces del Sistema Roca-Fluido.
- 4.5. El Colapso de Fracturas en Reservorios con Poco Fluido.
- 4.6. Turbulencia y Aplicación de la Ley de Forchheimer.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Abramowitz, M., Stegun, I. (1972). *Handbook of Mathematical Functions*. Dover, New York, 1046 págs.
- [2]. Advonin, N. (1964). *Some Formulas for Calculating the Temperature Field of a Stratum Subject to Thermal Injection*. Neft'i Gaz, Vol.3 (pp. 37-41).
- [3]. Assens, G.E. (1976). *Derivation, by Averaging of the Equations of Heat, Mass and Momentum Transfer in a Geothermal Reservoir*. Proceedings of the 2nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, (pp. 1-26), December 1-3, 1976, Stanford, California.
- [4]. Bear, J. (1988). *Dynamics of Fluids in Porous Media*. 1st Ed. Dover, (764 págs.), Nueva York.
- [5]. Bear, J. and Bachmat, Y. (1984). *Transport Phenomena in Porous Media - Basic Equations*. (3-61), en *Fundamentals of Transport Phenomena in Porous Media*. Bear, J. y Corapcioglu, Y., editores, Vol. **82**, (1003 págs.) NATO ASI Series E: Applied Sciences, M. Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- [6]. Bunschuh, J. and Suárez, M.C. *Introduction to the Numerical Modeling of Groundwater and Geothermal Systems: Fundamentals of Mass, Energy and Solute Transport in Poroelastic Rocks*, 525 pp., Vol. **2** Multiphysics Modeling series, ISBN: 978-0415-401678, 2010.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

- [7]. Smith, G.D. (1978). *Numerical Solution of Partial Differential Equations: Finite Difference Methods*. 2nd Edition, (304 pp.). Clarendon Press - Oxford.
- [8]. Suárez, M.C. (2000). *Flujo de Fluidos No-Isotérmicos en Reservorios Fracturados con Porosidad y Permeabilidad Múltiples*. Tesis de Doctorado (295 pp.), Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado - UNAM.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	()
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

- Se evaluará con un peso de un 60% de la calificación de exámenes parciales, un 30% examen final, 10% calificación de las tareas y trabajo en clase.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: FENÓMENOS CRÍTICOS

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante adquiera la habilidad y capacidad suficiente para resolver problemas básicos en transiciones de fase y fenómenos críticos.

1.- **Principios de la termodinámica.** Leyes de la termodinámica. Potenciales termodinámicos. Relaciones de Maxwell.

2.- **Estabilidad de sistemas termodinámicos.** Estabilidad intrínseca de sistemas termodinámicos. Condiciones de estabilidad para potenciales termodinámicos. Consecuencias físicas. Efectos cualitativos de fluctuaciones

3.- **Transiciones de fase de primer orden.** Introducción y definiciones. Discontinuidad en la entropía-calor latente. Curvas de coexistencia. Ecuación de van der Waals. Ecuación de Clapeyron. Isotermas inestables. Transiciones de fase de primer orden. Atributos generales de las transiciones de primer orden. Sistemas binarios. Transiciones de fase en sistemas multi-componentes. Diagramas de fase. Aplicaciones.

4.- **Fenómenos críticos.** Termodinámica en la vecindad de un punto crítico. Divergencia y estabilidad. Teoría de Landau. Parámetros de orden y exponentes críticos. Escalamiento y universalidad.

5.- **Tópicos especiales (Opcional).** Modelo de Ising. Teoría de Ginsburg-Landau. Escalamiento de Widom y Kadanoff. Grupo de Renormalización. Puntos fijos.

Bibliografía:

- [1] Mark W. Zemansky y Richard H. Dittman, *Calor y Termodinámica*, 6ª Edición, McGraw-Hill, 1994.
- [2] Herbert B. Callen, *Thermodynamics and introduction to thermostatistics*, Second Edition, John Wiley & Sons, 1985.
- [3] A. B. Pipard, *Elements of classical thermodynamics*, CUP, 1981.
- [4] L. E. Reichl, *Statistical Physics*, John Wiley & Sons, 1998.
- [5] M. Le Bellac, *Quantum and Statistical Field Theory*, Clarendon Press, 1997.
- [6] N. Goldenfeld, *Lectures on phase transitions and the renormalization*, Addison-Wesley, 1992.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Lecturas obligatorias se recomiendan:

- Ecuación de Clapeyron. [1].
- Transiciones de fase en sistemas multi-componentes. [2].
- Modelo de Ising. [4].

Evaluación:

Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: INTERACCIÓN RADIACION-MATERIA

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS O INGENIERÍA

HRS./SEM.: 4 (3 hrs. en el aula 1 hr. en el laboratorio)

Objetivo: Preparar al estudiante para realizar experimentos de determinación de la radiactividad natural y artificial, según las necesidades y las posibilidades a su alcance. Entender los fundamentos fenomenológicos de la radiactividad y las reacciones nucleares que después se aplican en los detectores, en las técnicas nucleares y en la protección radiológica. Entender los mecanismos de interacción de la radiación ionizante que producen efectos detectables por los instrumentos y efectos dañinos a los sistemas vivos. Conocer la estructura general de detección de la radiación ionizante. Entender y saber aplicar las definiciones fundamentales para caracterizar un experimento de detección de la radiación ionizante. Conocer el funcionamiento y las aplicaciones principales de los detectores gaseosos en los experimentos con radiación ionizante. Conocer las características generales de la función de respuesta que produce cualquier detector espectrométrico de radiación gamma, las relaciones entre las posiciones y las formas de los picos y el fondo en los espectros, a partir de los mecanismos de interacción de la radiación gamma en los materiales. Conocer la detección de rayos gamma mediante la luminiscencia producida por la ionización y su conversión a pulsos eléctricos mediante el fotoefecto combinado con la multiplicación electrónica. Conocer la detección de radiación ionizante mediante la ionización de la zona empobrecida y la generación y colección de portadores. Comprender el origen de la gran resolución energética de los detectores de semiconductores, en comparación con los gaseosos y los de centelleo. Aplicaciones de los detectores semiconductores a la medida de la radiactividad. Entender la función que realizan las diferentes etapas de procesamiento de los pulsos que salen de un detector hasta la producción de un espectro.

1.-Introducción de Física Nuclear. Masa y energía. Sistemas cuánticos. Producción de rayos X. El núcleo atómico y algunas de sus características. Radiactividad. Ley experimental de la radiactividad y actividad instantánea. Desintegraciones sucesivas. Radiactividad alfa. Radiactividad beta. Radiactividad gamma. Reacciones nucleares. Reacciones de fisión y fusión nucleares. Práctica de Laboratorio: Período de semidesintegración.

2.- Interacción de la radiación ionizante con los materiales. Partículas cargadas pesadas. Electrones y positrones. Rayos X y gamma. Neutrones. Radiología digital y evaluación asistida por computadora. Práctica de Laboratorio: Absorción de la radiación gamma por los materiales.

3.- Modelo general de un detector. Función de respuesta de un detector. Resolución. Eficiencia. Estadística de conteo y errores aleatorios. Prácticas de Laboratorio: Medición de radiación. Fluctuaciones estadísticas y errores de medición de la radiación.

4.-Detectores gaseosos. Regímenes de trabajo. Eficiencia y características de conteo para diferentes voltajes de polarización. Detectores de partículas cargadas. Ventanas de entrada. Cámaras de ionización, modo de pulsos y modo continuo. Uso en dosimetría. Detector proporcional, coeficiente de multiplicación. Detector Geiger Muller, apagado, tiempo muerto. Práctica de Laboratorio: El detector Geiger Muller.

5.-Función de respuesta de los detectores de rayos gamma. Fotopico, continuo y borde de Compton. Picos de escape simple y escape doble.

6.-Detectores de Centelleo. Tubo fotomultiplicador electrónico. Fotocátodo, dinodos, multiplicación electrónica. Detector de Ioduro de sodio (NaI), mecanismo de fluorescencia. Número de portadores y resolución energética. Eficiencia y resolución. Detector de arrastres para rayos gamma. Aplicaciones de los detectores de centelleo en la medida de la radiactividad. Práctica de Laboratorio: Estudio de la forma de un espectro simple. Determinación de la eficiencia y la resolución del detector.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

7.-Sistemas espectrométricos. Fuente de alimentación. Preamplificadores. Amplificadores. Contadores. Espectrómetros monocanales y multicanales.

Bibliografía:

- [1] Glenn F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons, 2010.
- [2] Nicholas Tsoulfanidis, *Measurement and Detection of Radiation*, Second Edition, Taylor & Francis 1995.
- [3] Michael F. D'Annunziata, *Handbook of Radioactivity Analysis*, Second Edition, Academic Press, 2003.
- [4] James E. Turner, *Atoms, Radiation, and Radiation Protection*, Wiley-VCH, 2007.
- [5] G. C. Lowenthal and P. L. Airey, *Practical Applications of Radioactivity and Nuclear Radiations*, Cambridge University Press, 2004.
- [6] Juan Azorín Nieto, *Introducción a la Física Nuclear*, Universidad Autónoma Metropolitana, 2003.
- [7] Merrill Eisenbud and Thomas Gesell, *Environmental Radioactivity from Natural, Industrial and Military Sources*, Academic Press, 1997.
- [8] Vlado Valkovic, *Radioactivity in the Environment*, Elsevier Science, 2000.
- [9] J. Shapiro, *Radiation protection: A Guide for Scientists, Regulators, and Physicians*, Fourth Edition, La Editorial, UPR, 2002.
- [10] Frank H. Attix, *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*, John Wiley & Sons, 1986.
- [11] James E. Martin, *Physics for Radiation Protection*, John Wiley & Sons, 2008.
- [12] N. A. Dyson, *X-rays in atomic and nuclear physics*, Second Edition, Cambridge University Press. 1990.
- [13] Richard H. Gold, Lawrence W. Bassett and Bobbi E. Widoff, *RadioGraphics* 10, 1111-1131, 1990.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a laboratorio	(X)
Otras:	()

- Se evaluará con un peso de un 20% de la calificación para las tareas, un 30% para prácticas en el laboratorio, 10% para la participación en clase y 40% para exámenes parciales y final.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: INSTRUMENTACIÓN

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS, DOCTOR EN INGENIERÍA

HRS./SEM.: 4 (2 hrs. en el aula 2 hr. en el laboratorio)

Objetivo: Dotar al estudiante del conocimiento y experiencia básicos para que pueda desarrollar instrumentación controlada por computadora.

1) Introducción a sistemas de adquisición de datos

1.1 Introducción y aplicaciones en adquisición de datos del lenguaje de programación gráfico "LabView"

1.2 Programación y uso del puerto paralelo de las PCs

1.3 Programación y uso del puerto GPIB de las PCs

1.4 Programación y uso del puerto RS-232 de las PCs

1.5 Introducción y uso del puerto USB de las PCs

1.6 Introducción a TCP/IP y uso del puerto ethernet de las PCs

2) Adquisición de datos mediante varios equipos

2.1 Interfaz entre la PC y el osciloscopio digital mediante puerto GPIB y el puerto RS-232

2.2 Interfaz entre la PC y un Lock-In mediante puerto GPIB y el puerto RS-232

2.3 Interfaz entre la PC y un espectroscopio de impedancias mediante GPIB

2.4 Interfaz entre la PC y un monitor de temperatura por el puerto RS-232

3) Instrumentación NIM y CAMAC

3.1 Uso de módulos NIM en sistemas electrónicos de adquisición de datos

3.2 Programación de módulos CAMAC

3.3 Desarrollo de un sistema de adquisición completo para contar pulsos lógicos, digitalizar cargas y medir tiempos con electrónica CAMAC

4) Introducción a la electrónica digital moderna

4.1 Introducción a las FPGA (Field Programmable Gate Arrays)

4.2 Introducción al lenguaje de programación "VHDL"

4.3 Programación de FPGAs

4.4 Interfase de FPGAs a la PC usando los puertos paralelo y RS-232

4.5 Aplicaciones de las FPGAs en adquisición rápida de datos y en robótica

Bibliografía:

[1] Gary W. Johnson, *Labview Graphical Programming: Practical Applications in Instrumentation and Control*, McGraw-Hill, 1997.

[2] R. A. Penfold, *Interfacing P.C.'s and Compatibles*, Bernard Babani Publishing, 1992.

[3] Tutoriales de LabView existentes en la red. Sugerencia:

http://www.gte.us.es/~galvan/ie_4t/tutorial%20de%20labview.pdf

[4] Manual de el kit de evaluación Spartan 3: <http://www.xilinx.com>, <http://www.digilent.com>

[5] Tutoriales de VHDL existentes en internet.

[6] Guía del puerto paralelo: <http://www.lvr.com/parport.htm>

[7] Información disponible en internet sobre uso de los puertos serial, gpib, usb y Ethernet.

[8] Manual de programación del osciloscopio digital Tektronix TDS220: <http://www.tektronix.com>

[9] Tutoriales sobre el uso de los estándares NIM y CAMAC: <http://www.lecroy.com>

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral

(X)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	(X)
Otras:	()

- Se evaluará con un peso de un 20% de la calificación para las tareas, un 30% para prácticas en el laboratorio, 10% para la participación en clase y 40% para exámenes parciales y final.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: DETECTORES DE RADIACIÓN IONIZANTE.

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICA)

HRS./SEM.: 4 (2 hrs. en el aula 2 hr. en el laboratorio)

Objetivo: Dotar al estudiante del conocimiento y experiencia básicos para trabajar con detectores de radiación ionizante

1) Interacción de partículas con la materia

1.1 Radiactividad

1.2 Principios físicos de interacción de partículas cargadas y neutras con la materia

1.3 Simulación por computadora: Introducción a GEANT 4

2) Detectores de centelleo

2.1 Principios físicos de los detectores de centelleo

2.2 Introducción a los fotomultiplicadores

2.3 Aplicaciones en Física Experimental y en Física Médica

3) Detectores de silicio

3.1 Principios físicos de los detectores de silicio

3.2 Aplicaciones en Física Experimental y en Física Médica

4) Detectores de alambres a base de gases

4.1 Principios físicos de los detectores de alambres a base de gases

4.2 Tubos Geiger

4.3 Cámaras multialámbricas

4.4 Cámaras de deriva

4.5 Aplicaciones en Física Experimental y en Física Médica

Bibliografía:

[1] D. W. Anderson, *Absorption of Ionizing Radiation*, University Park Press, 1984.

[2] Glenn F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons, 2010.

[3] Klaus Debertin and Richard G. Helmer, *Gamma and X-Ray Spectrometry with Semiconductor Detectors*, North-Holland, 1988.

[4] W. R. Leo, *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*, Springer-Verlag, 1994.

[5] Dan Green, *The Physics of Particle Detectors*, First Edition, Cambridge University Press, 2005.

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	()
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	()
Lecturas obligatorias	(X)
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	(X)
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	(X)
Otras:	()

- Se evaluará con un peso de un 20% de la calificación para las tareas, un 30% para prácticas en el laboratorio, 10% para la participación en clase y 40% para exámenes parciales y final.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

NOMBRE: SIMULACIÓN DE INTERACCIÓN DE MUCHOS CUERPOS

CLAVE: O

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS, DOCTOR EN INGENIERÍA

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

Objetivo: Que el estudiante conozca y aprenda a manejar las técnicas de simulación numérica en el estudio de interacción de radiación con radiación, radiación con materia y materia con materia.

1. Sistemas interactuantes

1.1 La acción y la densidad lagrangiana

- 1.1.1 Simetrías de la acción y sus consecuencias para campos clásicos
- 1.1.2 Cuantización de la acción
- 1.1.3 Las transformaciones locales internas y externas
- 1.1.4 Simetrías de norma
- 1.1.5 Teoría de perturbaciones y una breve introducción a la matriz S
- 1.1.6 Diagramas de Feynman

1.2 Procesos fundamentales de interacción de radiación con materia

- 1.2.1 Aniquilación de pares electrón-positrón y producción de pares de muones
- 1.2.2 Tecnología de trazas
- 1.2.3 Sección eficaz no polarizada
- 1.2.4 Variables de Mandelstam
- 1.2.5 Dispersión Compton

2. Enfoque perturbativo

2.1 Regularización dimensional

- 2.1.1 Parametrización de Feynman
- 2.1.2 Divergencias ultravioletas
- 2.1.3 El método de Passarino-Veltman
- 2.1.4 Integrales de dos, tres y cuatro puntos

3. Implementación de la teoría de perturbaciones en FeynCalc

3.1 El lenguaje de FeynCalc

- 3.1.1 Álgebra de Dirac
- 3.1.2 Instrucciones para dar de alta amplitudes
- 3.1.3 Cálculo de trazas
- 3.1.4 Contracciones
- 3.1.5 Implementación de las condiciones cinemáticas

3.2 Cálculos a primer orden y simulación numérica

- 3.2.1 Ejemplos de cálculos hechos a primer orden en sistemas de espín semientero
- 3.2.2 Ejemplos de cálculos hechos a primer orden en sistemas de espín entero
- 3.2.3 Inspección de la covarianza ante transformaciones de norma a través de la identidad de Ward-Takahashi
- 3.2.4 Búsqueda de resultados finitos
- 3.2.5 Implementación en lenguaje de alto nivel y cómputo científico de los resultados analíticos
- 3.2.6 Simulación numérica, estudios de Monte Carlo y comparación con los resultados experimentales

Bibliografía

- [1] G. Passarino and M. J. G. Veltman, Nucl. Phys. B160, 151 (1979).

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

- [2] R. Mertig, M. Bohm and A. Denner, *FEYN CALC: Computer algebraic calculation of Feynman amplitudes*, Comput. Phys. Commun. **64**, 345 (1991); Manual de FeynCalc, R. Mertig (1993).
[3] Michael E. Peskin and Daniel V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory*, Westview Press, 1995.
[4] A. O. Barut, *Electrodynamics and Classical Theory of Fields and Particles*, Dover Publications, 2010.
[5] G. J. van Oldenborgh, Comput. Phys. Commun. **66**, 1 (1991).
[6] <http://comphep.sinp.msu.ru/>

Técnicas de enseñanza sugeridas

Exposición oral	(X)
Exposición audiovisual	(X)
Ejercicios dentro de clase	(X)
Seminarios	(X)
Lecturas obligatorias	()
Trabajos de investigación	(X)
Prácticas en taller o laboratorio	()
Prácticas de campo	()
Otras:	()

Elementos de evaluación sugeridos

Exámenes parciales	(X)
Exámenes finales	(X)
Trabajos y tareas fuera del aula	(X)
Participación en clase	(X)
Asistencia a prácticas	()
Otras:	()

Metodología: Habrá exposiciones por parte del profesor utilizando tanto el pizarrón como acetatos, diapositivas, cañón o videos. También los alumnos participarán en la exposición de temas que el profesor considere pertinentes. En todo caso se promoverá la discusión y participación de los estudiantes.

Evaluación: Se evaluará con un porcentaje de ponderación del 50% de los exámenes parciales, el 10% de un examen final, el 20% de los trabajos y tareas, el 10% de la participación en clase, y el 10% del reporte de las lecturas obligatorias. Todos estos elementos deberán retroalimentar la práctica docente para mejorar la eficiencia y disminuir la reprobación.

Anexo II

Reglamento del Protocolo de Tesis y Avance de Tesis

CONTENIDO

- I. Objetivo
- II. Obligaciones del Coordinador
- III. Obligaciones del Director de Tesis
- IV. Obligaciones del Estudiante
- V. Obligaciones de los Integrantes del Comité Tutorial
- VI. De las condiciones para no aprobar un Protocolo

I. Objetivo del Reglamento: Normar los procedimientos, responsabilidades y obligaciones mediante los cuales se formulen, elaboren y presenten los Protocolos de Proyecto de Tesis y Avances de Tesis por parte de los estudiantes del Posgrado (Maestría ó Doctorado) en Ciencias en Ingeniería Física que ofrece la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas.

II. Obligaciones del Coordinador del programa

1. Fijar fechas precisas cada semestre para la presentación escrita y oral, respectivamente, de los Protocolos de Proyecto de Tesis y Avances de Tesis y hacerlas del conocimiento general mediante el envío correos electrónicos y subiendo la información a la página web del posgrado.
2. Enviar un recordatorio general anunciando con 3 días de anticipación y el día anterior la presentación oral de cada Protocolo, en el que se incluya título, presentador, hora, lugar y fecha en la que ésta se llevará a cabo.
3. Estar presente en las exposiciones orales de los Protocolos.
4. Proveer a los integrantes del Comité Tutorial con los formatos de evaluación en las presentaciones de los Protocolos

III. Obligaciones del Tutor o Director de Tesis

1. Asesorar al estudiante del Programa de Posgrado (Maestría o Doctorado) en la elaboración del Protocolo correspondiente.
2. Proveer al estudiante con la literatura necesaria para que éste realice una revisión exhaustiva de los trabajos publicados relacionados con su tema de tesis y que al momento de escribir su Protocolo el estudiante conozca cuales serán las contribuciones adicionales al conocimiento ya publicado que debe lograr durante el desarrollo de su tesis.

3. Asegurarse que existan las condiciones necesarias, tanto en recursos materiales como financieros, para que el tema de tesis propuesto en el Protocolo pueda llevarse exitosamente a buen término en un periodo no mayor a dos años a partir de la fecha de ingreso del estudiante en el caso del Programa de Maestría y de cuatro en el caso del Programa de Doctorado.
4. Revisar el contenido del escrito del Protocolo de Tesis o del Avance de Tesis, según el caso. Aclarar las dudas que surjan durante su escrito al estudiante, y asegurarse que todo lo que quede plasmado por escrito corresponda al proyecto de tesis planeado.
5. Revisar el contenido de la presentación oral antes de que el estudiante la presente ante el público y su Comité Tutorial. Sugerir mejoras y no permitir que el estudiante la presente hasta que esta sea a su juicio satisfactoria.

IV. Obligaciones del Estudiante

1. Acordar con su Tutor o Director de Tesis el contenido de un Proyecto de Investigación
2. Escribir un Protocolo de Proyecto de Tesis que se ajuste a la Guía y Lineamientos para Desarrollar un Protocolo de Tesis que se encuentran en la página web de la maestría (<http://mcif.umich.mx>), y que refleje el proyecto de tesis planteado por su Director de Tesis.
3. Consultar a su Director de Tesis sobre la pertinencia del escrito y obtener su firma de Visto Bueno antes de presentar el Protocolo. Nunca debe entregar el Protocolo sin el consentimiento del Director de Tesis.
4. Entregar personalmente y por escrito a cada uno de los Profesores Investigadores que conforman su Comité Tutorial su Protocolo de Tesis o de Avance de Tesis según corresponda, con mínimo con dos semanas de anticipación a su presentación oral.
5. Notificar al Coordinador del Programa la entrega de dicho escrito
6. Atender e implementar en su presentación oral las sugerencias que los integrantes de su Comité Tutorial le señalen y que el Tutor considere pertinentes y adecuadas para el desarrollo del proyecto.
7. Informar personalmente a cada investigador integrante de su Comité Tutorial la hora, día, fecha y lugar de su presentación oral. En caso de no hacerlo así, automáticamente el estudiante estará reprobado.
8. Al momento de presentar su Protocolo de Tesis o de Avance Tesis el estudiante debe tener claro:
 - a) Los objetivos que debe alcanzar al término del desarrollo de su tesis o del periodo de Avance Tesis.
 - b) El contenido de su tesis o del informe de avance contextualizado dentro del protocolo inicial del proyecto de investigación.
 - c) La metodología que va a seguir para desarrollar, o está haciendo en el desarrollo de su trabajo de tesis
 - d) Haber revisado literatura suficiente para tener claro lo que ya se ha hecho referente a su tema de tesis, y en que contribuirá lo que el desarrolle. En el caso de presentación Avance de Tesis, presentar un resumen del último avance o del

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

protocolo y las metas alcanzadas y metas y objetivos para el siguiente Avance de Tesis.

V. Obligaciones de los Integrantes del Comité Tutorial

1. Revisar el escrito del Protocolo de Proyecto de Tesis o Avance de Tesis, según el caso que el estudiante le entregue.
2. Emitir una evaluación (0-10) el Protocolo de Tesis o Avance de Tesis que el estudiante le presentó por escrito y de forma oral. Para emitir su evaluación el investigador basará en el cumplimiento y apego del escrito a los Lineamientos para Desarrollar un Protocolo de Tesis que se encuentran en la página web (<http://mcif.umich.mx>) y en su juicio y experiencia personal.
3. La evaluación deberá ser reportada al Coordinador del Programa y si lo considera pertinente el investigador debe hacer sugerencias con el objetivo de implementar posibles mejoras y enriquecer con ideas el proyecto de tesis para mejorarse en la siguiente presentación del Protocolo.
4. Asistir puntualmente a la presentación oral del Protocolo. En caso de que el Investigador no pueda asistir debe proponer un suplente

Puntos que deben evaluarse en la presentación escrita y oral del protocolo

1. El proyecto debe ser viable. Se refiere a las posibilidades reales que tiene el Protocolo planteado para poderse concluir exitosamente.
 - a. Debe plantearse un tiempo de conclusión razonable que preferentemente no exceda el periodo de dos años de conclusión de la Maestría y de cuatro para el caso del Doctorado.
 - b. El proyecto debe ser realizable. En caso de que se plantee un trabajo experimental o que requiera recursos de cómputo, el acceso a los materiales, equipos, financiamiento y todos los recursos necesarios para el éxito del proyecto deben estar garantizados.
 - c. En caso de que el proyecto involucre desarrollo teórico este debe ser planteado de tal modo que sea alcanzable
2. El estudiante debe tener claro el tema de su Proyecto de Tesis.
3. El estudiante debe tener claro cómo va a hacer el contenido de su Protocolo
4. El estudiante debe entender los principios científicos y la física de los fenómenos que va a estudiar
5. Se debe tener un plan alternativo. Cuando se desarrolla un trabajo de investigación, con el objetivo de innovar, inventar, y generar conocimiento siempre existe el riesgo de que las hipótesis planteadas no sean alcanzables, se falle, o no se pueda lograr el objetivo por una u otra razón. El estudiante debe plantear brevemente en su presentación oral un plan alternativo o plan "B".

VI. De las condiciones para emitir una calificación inferior a ocho a un Protocolo

El Comité Tutorial puede emitir una calificación inferior a ocho a la presentación de un Protocolo de Proyecto de Tesis o de Avance de Tesis presentado por un estudiante cuando:

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

1. El estudiante no cumpla con todas las obligaciones descritas en la sección IV o el Director de Tesis no cumpla con todas las obligaciones de la sección III.
2. Cuando el estudiante no muestre la capacidad para exponer con claridad y con un nivel de conocimiento satisfactorio, a juicio de la mayoría de los Integrantes del Comité Tutorial, el contenido de su Protocolo de Proyecto de Tesis o el Avance de Tesis no sea satisfactorio.
3. Cuando la realización del Protocolo de Tesis propuesto no sea viable, ya sea porque presenta fechas imposibles de alcanzar, es irrealista en el alcance de sus objetivos, o no existan las condiciones para que el tema propuesto pueda llevarse a cabo. En el caso de Avance de Tesis cuando, sea injustificado el incumplimiento con las metas y objetivos del avance presentado

ANEXO III

Declaración explícita de principios

Este programa de posgrado tiene como principios básicos de sustentación

1. La alta calidad académica
2. La buena ética profesional

que deberán estar presentes tanto en los profesores como en los alumnos mientras pertenezcan al programa de posgrado. La calidad académica se debe manifestar con la creación de conocimiento y con su aplicación o implementación en la solución de problemas reales así como con la actualización de los aspectos operativos de la creación del conocimiento. La buena ética profesional se debe manifestar con la conducta adecuada y ceñida por reglas, que sin estar escritas, mantengan en los integrantes de este programa un espíritu abierto tanto a las nuevas formas de pensar como a la crítica hacia sus posiciones académicas, respetando siempre ideas diferentes y trabajos ajenos.

ANEXO IV

**Actas de los Consejos Técnico e Interno de
Posgrado**

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH



**Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas
"Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez"**

Oficio No. 009/2013.

**DR. EDUARDO SALVADOR TUTUTI HERNÁNDEZ,
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DE LA FACULTAD DE CS. FÍSICO-MATEMÁTICAS.
P R E S E N T E .**

Por este medio me permito enviarte una copia del acta del H. Consejo Técnico de esta Facultad en donde se acuerda dar el aval a los programas de Posgrados en Ingeniería Física y en que esto se someta al dictamen de los órganos colegiados universitarios que correspondan.

Sin más por el momento reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Morelia, Michoacán a 9 de Enero de 2013.

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICO-MATEMÁTICAS
DR. RAFAEL GONZÁLEZ CAMPOS.
Presidente del H. Consejo Técnico de la Facultad
de Ciencias Físico-Matemáticas
"Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez"

RG/vclb.

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Acta 25/2012 de la sesión ordinaria del II Consejo Técnico.

Diciembre 17, 2012

Acta número 25/2012 de la sesión ordinaria del H. Consejo Técnico de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas "Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez", de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, efectuada el 17 de Diciembre de 2012, en la Dirección de la Facultad.

Siendo las 17:14 horas se dio inicio a la sesión, de acuerdo con el siguiente

ORDEN DEL DÍA.

1. Lectura y Aprobación en su caso del Acta de la Sesión anterior.
2. Concursos de Oposición.
3. Planes de Trabajo.
4. Solicitudes de Materias para el Ciclo 13/13 de los institutos.
5. Programas de Posgrados en Ingeniería Física.
6. Solicitudes del Convenio IV.
7. Créditos de laboratorio, cursos propedéuticos y seminarios de tesis.
8. Asuntos Generales.

I. Lista y Aprobación del Acta Anterior

- i) Se procedió a pasar lista, contando con la presencia del Presidente del H. Consejo Técnico Dr. Rafael González Campos, los Profesores Consejeros Técnicos Propietarios del área de Matemáticas, Dra. Karina Figueroa Mora, Dr. Fernando Garibay Bonales; los Profesores Consejeros Técnicos Propietarios del área de Física, M.C. Gabriel Arroyo Correa, Dr. Mauricio Ortiz Gutiérrez; el Consejero Estudiante Técnico Propietario del Área de Matemáticas, Eduardo López Bolaños; los Consejeros Estudiantes Técnicos Propietarios del Área de Física Didier A. Patiño Rodríguez, Fanny Pauler Lenus García; el Consejero Estudiante Técnico Suplente del Área de Matemáticas José Antonio Montero Aguilár. Acto seguido, el Presidente del H. Consejo Técnico declaró existencia del quórum para sesionar.
- ii) Se leyó el acta 24, se le hicieron algunos cambios quedando finalmente aprobada y firmada.
- iii) Con respecto a la orden del día se hicieron algunas modificaciones quedando de la siguiente manera:
 - a. Lectura y Aprobación en su caso del Acta de la Sesión anterior.
 - b. Concursos de Oposición.
 - c. Planes de Trabajo.
 - d. Solicitudes de Materias para el Ciclo 13/13 de dependencias internas y externas.
 - e. Programas de Posgrados en Ingeniería Física.
 - f. Solicitudes del Convenio IV.
 - g. Créditos de laboratorio, cursos propedéuticos y seminarios de tesis.
 - h. Asuntos Generales.

Fernando Garibay Bonales

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

2. Concursos de Oposición.

Se aprueba publicar la convocatoria adjunta para el Concurso de Oposición Abierto para obtener la plaza definitiva de profesor e investigador titular "A", de tiempo completo, a partir del 1 de Marzo de 2013 en el área de Física de Partículas.

3. Planes de Trabajo.

Para el personal académico pendiente de aprobarles su plan de trabajo se determinó lo siguiente:

- Al Profesor Joaquín De La Torre Medina se le aprobó impartir la materia de Métodos Matemáticos de la Física I en el siguiente ciclo escolar 13/13 y se le aprobó su plan de trabajo.
- Al Profesor José Vega Cabrera se le pide que solicite materias en otras dependencias o que revise las materias del plan de estudios de nuestra licenciatura para completar su carga académica para el ciclo 13/13.
- Para el personal académico que no ha entregado su plan de trabajo con las modificaciones solicitadas anteriormente se acuerda esperar para los académicos faltantes, que sometan su plan de trabajo dentro del término que marca la legislación universitaria.

4. Solicitudes de Materias para el Ciclo 13/13 de dependencias internas y externas.

Se aprobaron dos listas de asignación de materias para el ciclo escolar 13/13.

- Para el personal académico del Instituto de Física y Matemáticas de la UMSNH.

	PROFESOR	MATERIA
1.	RICARDO BECERRIL BÁRCENAS	SOLUCIÓN NUMÉRICA DE ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES
2.	ANATOLI MERZON	ÁLGEBRA LINEAL I
3.	JOSÉ ANTONIO DE SANTIAGO CASTILLO	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN
4.	LUCA TESSIERI	ESTADO SÓLIDO I
5.	JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ CERVERA	SOLUCIÓN NUMÉRICA DE ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS
6.	THOMAS ZANNIAS MARINA	MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA III
7.	ELMAR WAGNER	ANÁLISIS FUNCIONAL
8.	VÍCTOR VILLANUEVA SANDOVAL	PARTÍCULAS ELEMENTALES
9.	VÍCTOR VILLANUEVA SANDOVAL	FÍSICA NUCLEAR
10.	GABRIEL ESPINOZA PÉREZ	CURSO ESPECIAL DE FÍSICA (Biofísica)

Handwritten signature: Fernando Caribay B. (A. de la UMSNH)

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

b. Para el personal académico del Centro de Ciencias Matemáticas de la UNAM.

	PROFESOR	MATERIA
1.	DANIEL PELLICER	CURSO ESPECIAL DE MATEMÁTICAS (Tesis de Penrose)
2.	RAYMUNDO BAUTISTA	ÁLGEBRA MODERNA

Respecto a este punto, el Dr. Fernando Garibay hizo la observación de que otorgar materias al personal de la UNAM es violatorio a la legislación universitaria, en concreto al Reglamento General del Personal Académico.

Se acuerda considerar las solicitudes faltantes o incompletas en la siguiente reunión.

5. Programas de Posgrados en Ingeniería Física.

Se acuerda dar el aval a los programas de: Reforma del Programa de Maestría en Ingeniería Física con 6 votos a favor y 2 abstenciones, y al programa de Creación del Doctorado en Ingeniería Física con 4 votos a favor, 2 votos en contra y 2 abstenciones, para que estos dos programas de posgrado se sometan al dictamen de los órganos colegiados universitarios que correspondan.

6. Solicitudes del Convenio IV.

Se da el aval para los trámites del convenio IV a los siguientes profesores:

	NOMBRE
1.	JAI ME NIETO PÉREZ
2.	HUMBERTO RUIZ VEGA
3.	JESÚS ROBERTO GARCÍA PÉREZ
4.	ARMANDO SEPÚLVEDA LÓPEZ
5.	MARÍA DE LOURDES GUERRERO MAGAÑA
6.	RAFAEL GONZÁLEZ CAMPOS
7.	ALBERTO MENDOZA SUÁREZ
8.	HÉCTOR TEJEDA VILFLA
9.	RIGOBERTO VERA MENDOZA
10.	JOSÉ GERARDO TINOCO RUIZ
11.	SALVADOR JARA GUERRERO
12.	MARIO CÉSAR SUÁREZ ARRIAGA

7. Créditos de laboratorio, cursos propedéuticos y seminarios de tesis.

Se acuerda tratar este punto en una reunión posterior.

[Handwritten signatures and initials are present in this section, including a large signature on the left and several smaller ones below it.]

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

8. Asuntos Generales.

- 1) A petición del Consejo Interno de Posgrado de esta Facultad, se acuerda enviar a ese Consejo Interno para su análisis, discusión y su aprobación en su caso, el Proyecto de Creación de Maestría en Enseñanza de las Ciencias, discutido anticipadamente en este Consejo Técnico, atendiendo al artículo 24, inciso b), del Reglamento General de Estudios de Posgrado de la UMSNH.
- 2) Se acuerda solicitar información sobre el proceso de selección para el nombramiento del profesor consejero universitario suplente.

Se levanta la sesión, terminando a las 19:00 horas del día 17 de Diciembre de 2012.

Se levanta la presente Acta para constancia, firmando todos los que en ella intervinieron.

Presidente del H. Consejo Técnico



Dr. Rafael González Campos

*Consejeros Técnicos Profesores Propietarios
del Área de Matemáticas*



Dra. Karina Mariela Figueroa Mora
(Bajo protesta)

Fernando Garibay B.

Dr. Fernando Garibay Bonales

*Consejeros Técnicos Profesores Propietarios
del Área de Física*

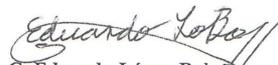


Dr. Mauricio Ortiz Gutiérrez



M.C. Gabriel Arroyo Correa

*Consejero Técnico Alumno Propietario del
Área de Matemáticas*



C. Eduardo López Bolaños

*Consejeros Técnicos Alumnos Propietarios del
Área de Física*

Fanny Lemus

C. Fanny Paulet Lemus García



L.F.M. Didier A. Patiño Rodríguez

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH

Consejero Técnico Alumno Suplente del
Área de Matemáticas

C. José Antonio Montero Aguilar



Eduardo Lopez



Fernando Beristain

Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física. FCFM UMSNH



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS
"Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez"
División de Estudios de Posgrado

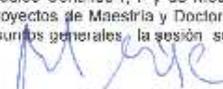
Acta de la sesión de Consejo Interno de Posgrado, que se llevó a cabo el día 28 de Noviembre de 2012 en el auditorio del edificio Alfa, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas (FCFM), Ciudad Universitaria. La sesión dio inicio a las 14:30 hrs. estando presentes el Director de la FCFM, Dr. Rafael González Campos, el Jefe de la División de Estudios de Posgrado, Dr. Eduardo Salvador Tututi Hernández, el Coordinador del Programa de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Física, Dr. Gonzalo Viramontes Gamboa, el representante por parte de la FCFM ante el Comité Académico del Programa Conjunto del Posgrado en Matemáticas, Dr. Rigoberto Vera Mendoza, el representante profesor, Dr. Petr Zhevandrov y la representante alumno Ing. Tania Elizabeth Soto Guzmán. Puntos a tratar

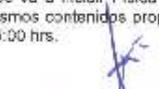
1.-Lectura del acta anterior.

2.- Presentación del Proyecto de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física y del Proyecto de Reforma de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Física.

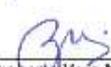
3.-Asuntos generales.

Se procedió a la lectura del acta de la sesión anterior. En el punto número 2, se discutió la idoneidad y conveniencia de la reforma al Plan de Maestría en Ciencias en Ingeniería Física y del Proyecto de la Creación del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física, el cual será ofertado por la FCFM. Se acordó dar el aval a los dos proyectos para que sean presentados al H. Consejo Técnico de la FCFM y solicitar el aval de este órgano colegiado para que se continúe el trámite ante el Consejo General de Posgrado de la UMSNH. En asuntos generales se discutió la solicitud de la Dra. Nabanita Dasgupta-Schubert para ser incluida en el NAB del posgrado, se pide que se envíe el CV de la Dra. Dasgupta a cada uno de los integrantes para que se analice con más detalle la pertinencia en el NAB. Se discutió la inclusión de materias de Física de Medios Continuo I, II y de Medios Porosos. Se va a incluir Física de medios Porosos y Física de Medios Elásticos en los proyectos de Maestría y Doctorado con los mismos contenidos propuestos por el Dr. Mario Cesar Suárez. No habiendo más asuntos generales, la sesión se cerró a las 15:00 hrs.


Dr. Rafael González Campos
Director de la Facultad


Dr. Eduardo Salvador Tututi Hernández
Jefe de la División de Estudios de Posgrado


Dr. Gonzalo Viramontes Gamboa
Coordinador de la MCIF


Dr. Rigoberto Vera Mendoza
Representante ante el Comité Académico del Programa
Conjunto del Posgrado en Matemáticas


Dr. Petr Zhevandrov
Representante profesor


Ing. Tania Elizabeth Soto Guzmán
Representante alumno

ANEXO V

Oficios de Participación