UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS

"Francisco García Salinas"

Unidad Académica de Física

MAESTRÍA EN CIENCIAS FÍSICAS

Plan de Estudios

Zacatecas, México.
Marzo de 2014

Directorio Institucional

Ing. Armando Silva Chairez
Rector

Lic. Cuauhtémoc Rodríguez Aguirre
Secretario General

Dr. Miguel Rodríguez Jáquez
Secretario Académico

M. en A. Emilio Morales Vera
Secretario Administrativo

Directorio Unidad Académica de Física

Dr. Sinhué Lisandro Hinojoza Ruiz
Director

Dr. Felipe Román Puch Ceballos
Responsable de la Maestría

Dr. Isaac Rodríguez Vargas
Responsable de la Licenciatura

Dr. Said Aranda Espinoza
Responsable del Doctorado

ÍNDICE

Presentación	**4**
Justificación	**6**
Rasgos deseables	**12**
Criterios para la organización	**18**
Mapa Curricular	**32**
Eficacia del programa	**40**
Anexo A: Curso propedéutico	**42**
Anexo B: Asignaturas de formación básica	**48**
Anexo C: Asignaturas de formación específica	**73**
Actas de consejo de Unidad. Aprobación y actualización	**140**

PRESENTACIÓN

En este documento presentamos el Programa Académico Maestría en Ciencias Físicas, perteneciente a la Unidad Académica de Física (UAF) de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ).

El Programa Académico de Maestría en Ciencias Físicas es acorde con el Modelo Académico UAZ siglo XXI, está contemplado dentro del Plan de desarrollo de la Unidad Académica de Física, y es congruente con los objetivos estratégicos y las políticas institucionales de la UAZ. Es un Programa Académico flexible, centrado en el estudiante, y basado en competencias, con una orientación hacia la investigación y escolarizado. Las Unidades Didácticas reflejan el propósito de dar una solida formación en el área de la Física, así como la integración del estudiante dentro de las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) que cultiva la UAF. En él se promueve la incorporación de nuevas modalidades y metodologías de enseñanza-aprendizaje, y una vinculación de la docencia con la investigación. Posee mecanismos de titulación adecuados al tipo de formación y una estructura que propicia la movilidad y la integración al mundo científico. Es un Programa Académico que armoniza con la oferta educativa de la UAF, que la fortalece y complementa.

El presente documento es resultado de una serie de reuniones de discusión, síntesis y análisis, llevadas a cabo por el colectivo de docentes de la UAZ, durante los periodos de Abril-Junio de 2010, Septiembre-Octubre de 2011 y Enero-Marzo de 2014.

En este proceso se tomaron en cuenta las políticas educativas para los posgrados de calidad contempladas por el CONACYT conforme a los lineamiento de calidad establecidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), el Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016 del Estado de Zacatecas, el Plan de Desarrollo Institucional 2012-2016 de la UAZ y el Plan de Desarrollo de la Unidad, todos estos elementos enmarcados en el Modelo Académico UAZ siglo XXI. También se enriqueció con las recomendaciones emitidas por los comités evaluadores del PNPC en Agosto de 2011, así como el plan de mejora del propio programa y un proceso de retroalimentación.

Se proponen 4 ejes rectores:

1) Ofrecer de un programa de Maestría de calidad que contribuya a la formación de recursos humanos en el área de las ciencias exactas, específicamente en Física.
2) Que el Programa Académico sea una palanca de desarrollo social, generando una oferta de educación de calidad pertinente y con equidad.
3) Contar con un Programa Académico que potencie la investigación en el área de la Física, para poder atender los problemas prioritarios del Estado y el País.
4) Que sea coherente con la demas oferta académica de UAF.

Este documento está integrado en seis apartados, que se describen a continuación.

La *Justificación* contempla los referentes internos y externos que sustentan este Programa Académico; así como la misión y la visión del mismo.

El perfil de ingreso, el perfil de egreso y las competencias a desarrollar se encuentran dentro de *Los rasgos deseables*. También se incluyen en este parte el perfil deseable de los aspirantes a ingresar al programa, y a quien va dirigido.

En el apartado correspondiente a *Criterios para la organización* se contemplan los aspectos administrativos y académicos, que incluyen los criterios de admisión, permanencia y titulación. En este apartado además se describen las LGAC que dan soporte al programa.

El *Mapa curricular* contiene la estructura general del plan de estudios del Programa Académico. En este apartado se describe como es la trayectoria académica de los estudiantes, y como se desarrolla ésta dentro de los diferentes ejes transversales que constituyen los pilares del Programa Académico. Se muestran las características de las Asignaturas de Formación Común, de Formación Específica y las actividades complementarias, y su valor en créditos.

Posteriormente, se presentan las estrategias y el plan de desarrollo con lo que se pretende garantizar la *Eficacia del programa*, y su pertinencia.

Finalmente, se presenta la *Descripción de las asignaturas*, donde se especifica el valor en créditos de cada una de ellas, el tiempo que debe ser destinado a actividades colectivas e individuales, una descripción de la misma, los contenidos para el dominio conceptual, las competencias específicas a desarrollar y su ubicación dentro del mapa curricular.

JUSTIFICACIÓN

Contexto Nacional

En México, la formación de recursos humanos en el área de ciencias y tecnología se considera fundamental para el desarrollo del país. Dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012, se enuncia que las áreas de educación, de ciencia y tecnología y de desarrollo social se consideran prioritarias. Con esto como base, el gobierno federal y los gobiernos estatales han establecido estrategias para atenderlas, como son profundizar y facilitar los procesos de investigación científica y la adopción e innovación tecnológica para incrementar la productividad de la economía nacional. Para instrumentar estas estrategias se han adaptado las siguientes directrices: 1) Establecer políticas de Estado a corto, mediano y largo plazo que permitan fortalecer la cadena educación, ciencia básica y aplicada, tecnología e innovación buscando generar condiciones para un desarrollo constante y una mejora en las condiciones de vida de los mexicanos, 2) evaluar la aplicación de los recursos públicos que se invertirán en la formación de recursos humanos de alta calidad (científicos y tecnólogos), y en las tareas de investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico, de tal manera que se canalicen a áreas prioritarias para el país con el objetivo de que tengan el mayor impacto social y económico posible.

Contexto regional

Para el estado de Zacatecas, las prioridades se encuentran reflejadas dentro del Plan Estatal de Desarrollo 2011-2015. En lo referente al desarrollo social y el impulso a la innovación científica y tecnología se tiene como objetivo Impulsar el desarrollo científico y tecnológico de Zacatecas a través de programas becarios y apoyos especiales a la excelencia académica, así como promover la formación de recursos humanos especializados para hacer frente a las necesidades sociales, presentes y futuras.

La UAZ, tiene como misión educar y formar profesionistas emprendedores, responsables y honestos, con una sólida formación humanista, científica y tecnológica, capaces de contribuir al desarrollo integral del Estado de Zacatecas y de México; comprometidos con la solución de los problemas regionales y nacionales, principalmente con la lucha contra la desigualdad y la marginación; respetuosos del medio ambiente y de los derechos humanos, tolerantes y estudiosos de distintas ideas de pensamiento con una actitud crítica para

comprender los fenómenos socio políticos del mundo que les toca vivir y entenderlos como una oportunidad para proyectar sus valores, conocimientos, habilidades y cultura, lo que es nuestra identidad.

Dentro del Plan de Desarrollo Institucional 2008-2012, la UAZ asume una serie de retos, algunos de los cuales son: ampliar la cobertura de la oferta educativa con calidad y pertinencia que facilite el acceso a los jóvenes con desventajas sociales, económicas, culturales y especiales, alcanzar y mantener los estándares dinámicos de los organismos orientadores de la calidad académica y administrativa nacional e internacional, elevar los indicadores de capacidad y competitividad académica institucional, impulsar, apoyar y consolidar la investigación en todas las áreas e impulsar el posgrado.

Para abordar los retos que asumen la UAZ, se establecen ejes rectores, objetivos y líneas estratégicas. Los ejes rectores son: Fortalecimiento Académico, Fortalecimiento de la planeación institucional y Normatividad institucional. Algunos de los objetivos y líneas estratégicas son: Asegurar la calidad académica, la equidad y la transparencia, implantar, evaluar y dar seguimiento al modelo UAZ siglo XXI en los Programas Educativos, garantizar que todos los Programas Educativos que ofrece la UAZ cumplan con los indicadores de calidad y competitividad que exigen los organismos evaluadores y acreditadores, y establecer las condiciones para la generación del conocimiento básico y aplicado, socialmente pertinente.

Situación del Posgrado en Física en México

Sobre la situación a nivel nacional del posgrado en el área de la Física, donde se forman los recursos humanos, se tiene que para el año de 2010 existen 1216 programas de posgrado registrados en el Padrón del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) SEP-CONACyT pertenecientes a instituciones públicas y privadas. De todos estos, solo 13 son programas de Maestría en el área de Física. Este número de Programas Educativos, distribuidos en toda la geografía nacional es a todas luces insuficiente para atender la demanda de formación de recursos humanos en el área de Física que el país necesita. Además, estos Programas Educativos poseen particularidades que les confieren las instituciones a las que pertenecen, y el lugar donde están ubicados.

En el estado de Zacatecas, los Programas Educativos de posgrado que pertenecen al PNPC no están dirigidos a la formación de recursos humanos en el área de la Física a nivel Maestría. Tampoco se cuenta con un Programa Académico, lo cual limita a los egresados de las Licenciaturas en Física,

Matemáticas, ó afines en el área de ciencias básicas o ingenierías continuar con estudios de posgrado en Física. Esto tiene como consecuencia que prioridades en la formación de recursos humanos y desarrollo científico no estén siendo atendidas, y que exista una migración de recursos humanos a otros estados o al extranjero, contribuyendo con esto a la desintegración del tejido social. Ademas de desatender la demanda de todos aquellos estudiantes que por razones personales no pueden salir del Estado.

La UAF de la UAZ tiene como misión impulsar y desarrollar la Física en el ámbito regional, nacional e internacional; formar profesionales en Física con la capacidad de insertarse en los ámbitos de docencia, investigación y la industria, con un compromiso, ético, humanista y social; generar conocimiento científico de calidad en el área con pertinencia social; difundir la Física en nuestra comunidad y participar en el desarrollo de la física en los distintos niveles educativos.

Potencial para la Maestría en Ciencias físicas en Zacatecas

La Maestría en Ciencias Físicas, con base en un análisis de la aceptación del programa entre los estudiantes, así como en estadísticas que emergen de nuestra misma casa de estudios, tiene una plena justificación en el contexto regional y nacional. Toda la información que se muestra a continuación, se encuentra detallada en el documento titulado *Diagnostico Socioeconómico, contexto regional y justificación del programa*.

Sin lugar a dudas, una de las principales fuentes de estudiantes a nuestro programa de Maestría en Ciencias Físicas es nuestro propio programa de Licenciatura en Física, que funciona ya desde hace casi ya un cuarto de siglo.

La Licenciatura en Física, ha titulado en promedio a nueve estudiantes por año en las últimas 6 generaciones, Los ingresos promedio para estas generaciones correspondían 18 estudiantes por generación. Dando un porcentaje de titulación de 50%. En las últimas cuatro generaciones, el número de estudiantes que ingresan al programa de Licenciatura se ha incrementado de la siguiente manera: en la generación 2008-2013 ingresaron 23 estudiantes, en la 2009-2014, 41, en la 2010-2015, 46, y en el 2011-2016, 45. Esto supone, que manteniéndose el porcentaje de titulación generacional de 50%, habrá para los siguientes años un aumento continuo en el egreso, pudiendo alcanzar para el 2016, mas de 22 estudiantes. Estos egresados de la Licenciatura, serán los candidatos a ingresar al programa de Maestría.

Los egresados de la Licenciatura en Física típicamente optaban, al no haber un programa de Maestría de calidad en el estado, a emigrar a otras instituciones a nivel nacional e inclusive internacional con tal de seguir sus estudios en esta área de las ciencias básicas. Esta tendencia ha venido modificándose en los últimos años. El estudio de seguimiento de egresados de la Licenciatura en Física de las primeras 15 generaciones muestra que más del 70% de nuestros egresados continuaron con estudios de posgrado. De este porcentaje, menos del 15% realizaba estudios en programas de posgrado en el estado. Sin embargo, en las últimas tres generaciones, se tiene la siguiente información: De los egresados del programa de Licenciatura en Física en el periodo Agosto 2009 – Agosto 2010, se quedaron 5 de 14, que significa que se quedó aproximadamente más de una tercera parte (36%). De los que han egresado en el periodo Agosto 2010 – Agosto 2011 se quedaron al programa de Maestría en Ciencias Físicas más del 50%. Esto demuestra la aceptación por parte de nuestros egresados al nuevo programa de Maestría en Ciencias Físicas.

Además, dado el perfil de ingreso del programa de Maestría en Ciencias Físicas, existe la posibilitad de que estudiantes de otros programas académicos como Licenciatura en Matemáticas, Ingeniería Física ó Ingenierías puedan participar. Así como egresados de otros programas de Física de nivel licenciatura radicados en otros estados, que busquen opciones para realizar estudios en los campos de formación específica que oferta la Maestría en Ciencias Físicas.

Desarrollo de la investigación en Zacatecas

Otro aspecto importante relacionado con la pertinencia y viabilidad del programa de Maestría en Ciencias Físicas es el de la investigación, la posición que guarda nuestro Estado dentro de este contexto a nivel Nacional. En el [Atlas de la ciencia Mexicana 2010 se hace un análisis de la distribución geográfica de la planta académica, producción y repercusiones científicas (basados en *el Science Citation Index CSI*). Respecto al número de investigadores con doctorado, este ha aumentado del 1.1 % en el 2002 al 1.2 % en el 2009. La publicación de artículos por décadas ha variado: de 0.9 % de artículos en el SCI en la década 1990-1999, para la década del 2000-2009 bajo al 0.8 %, sin embargo, hubo aumento el número de citas del 0.6 % al 0.9 % respectivamente, es decir aumento un treinta por ciento en la última década, reflejando esto el impacto de las investigaciones en área de ciencias físicas que son las que dan soporte a nuestro Programa Académico.

En la actualidad, el Programa de Maestría en Ciencias Físicas cuenta con una fortaleza en el núcleo académico que lo soporta, que se puede reseñarse en los

siguientes números: el 100% cuenta con estudios de posgrado, de los cuales el 96% tiene el grado de Doctor. El 85,71% pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y más de 50% tienen el reconocimiento de Profesores con Perfil Deseable por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Secretaria de Educación Pública. También, la UAF cuenta con un programa de tutorías en el participan la totalidad de Docentes-Investigadores del núcleo académico.

En investigación, Los Docentes de la UAF se encuentran agrupados en tres Líneas de investigación. Existe una alta productividad en artículos de investigación: del año 2009 al año 2014 se han publicado 190 artículos en revistas indezadas, 60 en revistas arbitradas, 42 memorias en congresos, además de cuatro pententes y diversos desarrollos tecnológicos. Finalmente, este núcleo académico, así como la UAF cuenta con convenios de colaboración con diferentes instituciones de educación superior, y los Docentes-Investigadores cuentan con vínculos de investigación con otras instituciones del país y del extranjero.

MAESTRÍA EN CIENCIAS FÍSICAS

La UAF de la UAZ oferta el Programa Académico de Maestría en Ciencias Físicas. La misión y la visión del Programa Académico son:

Misión:

La UAF a través de su Programa Académico de Maestría en Ciencias Físicas tiene como misión formar profesionales con actitudes, habilidades y conocimientos sólidos que les permita analizar, proponer, aplicar, transmitir y difundir el conocimiento. En particular, nuestro programa genera recursos humanos que son capaces de resolver problemas de forma profesional, y creativa en las áreas de materia condensada, biofísica y Partículas, Campos y Física Matemática, y con ello contribuir al impulso del desarrollo científico, tecnológico, económico y social del estado de Zacatecas y de México.

Visión al 2016:

Es un programa competitivo a nivel nacional con una sólida formación en los fundamentos de la física contemporánea y especialización en las diversas áreas que se cultivan desde las LGAC de los Cuerpos Académicos. Además, fomenta la movilidad académica a nivel nacional e internacional dada la posibilidad de una trayectoria académica personalizada.

Es un Programa Académico con reconocimiento del Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACyT y de los Comités inter institucionales para la Evaluación de la Educación Superior de la SEP-ANUIES.

Se cuenta con una planta académica de carrera en su mayoría con grado de doctor con reconocimiento PROMEP y SNI.

Nuevos cuerpos académicos que desarrollan LGAC que fortalecen la misión del Programa Académico.

Se desarrollan LGAC vinculadas a los sectores social, productivo y de servicios, atendiendo las necesidades de la región.

Los Cuerpos Académicos participan en Redes de Colaboración Académica en los ámbitos nacional e internacional.

Los egresados continúan con estudios de Posgrado en Programas de alta calidad como son los reconocidos por el PNPC de CONACYT, y se vincula con labores docentes y de investigación.

Cuenta con un Sistema de Evaluación, Seguimiento e Información en el marco del Modelo Educativo Institucional, así como con un Sistema Institucional de Tutorías para la formación integral y pertinente del estudiante que brinda servicios oportunos.

Cuenta con un conjunto de normas internas que permite el ágil funcionamiento de los procesos educativos, y un aparato administrativo eficiente y confiable que facilita los procesos educativos.

A nivel institucional, se cuenta con una normatividad que regula las actividades académicas y administrativas, así como con los mecanismos suficientes para promover la movilidad de los estudiantes y los docentes. Al pertenecer la UAZ al Consorcio de Universidades Mexicanas CUMEX, esta movilidad puede ser apoyada institucionalmente, permitiendo que los estudiantes participen en otros Programas Académicos para mejorar su formación.

RASGOS DESEABLES

Descripción

La UAF de la UAZ ofrece la Maestría en Ciencias Físicas para todas aquellas personas interesadas en estudiar en el área de las ciencias físicas. Este Programa Académico permite la posibilidad de satisfacer inquietudes y aspiraciones profesionales en las áreas de: materia condensada, biofísica y fisico-matemáticas. Los interesados en este programa de posgrado podrán, después de cubrir un determinado número de créditos básicos orientarse al área de su preferencia.

Características

La Maestría en Ciencias Físicas tiene una orientación hacia la en un ámbito multidisciplinario y una modalidad escolarizada, centrada en el estudiante y basada en competencias. Bajo este esquema el estudiante puede elegir un área terminal, siendo flexible a las necesidades de este y haciendo énfasis en la movilidad estudiantil. Así mismo, el Programa Académico se sustenta en las LGAC que se cultivan en la UAZ las cuales son: Materia condensada, Biofísica y Físico-matemáticas.

Duración

La duración del programa Académico es de un periodo de 2 años, dentro del cual el estudiante tendrá que cubrir con un número mínimo de 95 créditos y un máximo de 115.

Perfil de ingreso

A quien va dirigido:
La Maestría en Ciencias Físicas está orientada a los egresados de las carreras de:

- Licenciado en Física.
- Licenciado en Matemáticas.
- Licenciado en Físico-matemáticas.
- Ingeniero Físico.
- Ingenierías afines.

Perfil deseable del aspirante:

- Tener una disponibilidad de tiempo completo.

- Capaz de plantear, analizar y resolver problemas físicos, tanto teóricos como experimentales, mediante la utilización de métodos numéricos, analíticos o experimentales.
- Demostrar una comprensión de los conceptos fundamentales y principios de la física.
- Sintetizar soluciones particulares, extrapolándolas hacia principios, leyes o teorías más generales.
- Demostrar destrezas experimentales y métodos adecuados de trabajo en el laboratorio.
- Actuar con responsabilidad y ética profesional, manifestando conciencia social de solidaridad y justicia, y respeto por el ambiente.
- Demostrar hábitos de trabajo necesarios para el desarrollo de la profesión tales como el trabajo en equipo, el rigor científico, el auto aprendizaje y la persistencia.
- Buscar, interpretar y utilizar literatura científica.
- Demostrar disposición para enfrentar nuevos problemas en otros campos, utilizando sus habilidades específicas.

Perfil de egreso

Los egresados del programa de Maestría en Ciencias Físicas deben ser profesionales con actitudes, habilidades y conocimientos sólidos en las ciencias físicas que les permita analizar, proponer, aplicar, transmitir y difundir el conocimiento para resolver problemas de forma profesional, y creativa en las áreas de materia condensada, biofísica, físico-matemáticas, y con ello contribuir al impulso del desarrollo científico, tecnológico, económico y social del estado de Zacatecas y de México. Así mismo los egresados estarán capacitados para proseguir estudios de doctorado en Ciencias Físicas y áreas afines en instituciones de reconocido prestigio.

Competencias

El programa Académico de Maestría en Ciencias Físicas se sustenta en Créditos y Competencias, por lo cual se decidió tomar como base las Competencias desarrolladas en el proyecto TUNING Europa; dado que estas competencias están pensadas para cubrir tanto el nivel Licenciatura como el de Maestría (primer y segundo ciclo académico). Es importante mencionar que parte de las competencias deben estar fortalecidas desde el Nivel Licenciatura (primer ciclo), sin embargo se siguen manteniendo a Nivel Maestría dado que no todos los estudiantes que ingresan a Nuestro Posgrado provienen de un programa basado en competencias.

El listado de competencias genéricas se muestra a continuación:

1. Capacidad de análisis y síntesis.
2. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
3. Planificación y gestión del tiempo.
4. Conocimientos generales básicos en el campo de estudio.
5. Conocimientos básicos de la profesión en la práctica.
6. Comunicación oral y escrita en su lengua materna.
7. El conocimiento de un segundo idioma.
8. Conocimientos elementales de computación.
9. Habilidades de investigación.
10. Capacidad de aprender.
11. Habilidades de gestión de la información (habilidad para buscar y analizar información de diferentes fuentes).
12. Capacidad crítica y autocrítica.
13. Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.
14. Capacidad para generar nuevas ideas (creatividad).
15. Resolución de problemas.
16. Toma de decisiones.
17. Trabajo en equipo.
18. Habilidades interpersonales.
19. Liderazgo.
20. Capacidad para trabajar en un equipo interdisciplinario.
21. Capacidad para comunicarse con personas no expertas (en el campo).
22. Apreciación de la diversidad y la multiculturalidad.
23. Capacidad para trabajar en un contexto internacional.
24. Conocimiento de culturas y costumbres de otros países.
25. Capacidad para el trabajo autónomo.
26. Diseño y Gestión de Proyectos.
27. Iniciativa y espíritu emprendedor.
28. Compromiso ético.
29. Preocupación por calidad.

Las competencias específicas en el área del Programa Académico Maestría en Ciencias Físicas y las cuales serán propiciadas durante el desarrollo académico de nuestros estudiantes son las siguientes:

1. Adquirir cualificaciones adicionales para la carrera, a través de unidades opcionales que no sean la física (la actitud interdisciplinaria / habilidades).

2. Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación en física, de las formas en que se lleva a cabo, y de cómo la investigación en física es aplicable a muchos campos diferentes al de física, por ejemplo en ingeniería; adquirir la capacidad para diseñar procedimientos experimentales y / o teóricos para: (i) resolver los problemas actuales en la investigación básica o industrial; (ii) mejorar los resultados existentes (habilidades en investigación básica y aplicada).
3. Ser capaz de trabajar en un equipo interdisciplinario; presentar los resultados de su propia investigación o de búsqueda bibliográfica para profesionales del área, así como para audiencias en general (habilidades específicas de comunicación).
4. Ser capaz de llevar a cabo las siguientes actividades: actividades profesionales en el marco de tecnologías aplicadas, tanto a nivel industrial como a nivel de laboratorio, relacionados en general con la física y, en particular, a la radio-protección; telecomunicaciones; tele-detección; control remoto vía satélite; control de calidad, participar en las actividades de los centros de investigación públicos y privados (incluyendo gerencia); el cuidado de análisis y cuestiones de modelado y de la física implicada y aspectos informáticos (Espectro de empleos accesibles).
5. Ser capaz de llevar a cabo las siguientes actividades: promover y desarrollar la innovación científica y tecnológica, planificación y gestión de tecnologías relacionadas con la física, en sectores como la industria, el medio ambiente, la salud, el patrimonio cultural, administración pública; banca; divulgación de alto nivel de temas en cultura científica, con énfasis en los aspectos teóricos, experimentales y aplicados de la física clásica y moderna. (Espectro de empleos accesibles).
6. Ser capaz de comparar nuevos datos experimentales con modelos disponibles para checar su validez y sugerir cambios con el fin de mejorar la concordancia de los modelos con los datos (habilidades de modelado).
7. Ser capaz de desarrollar un sentido personal de responsabilidad, teniendo en cuenta la libre elección de asignaturas optativas / opcionales. A través del amplio espectro de técnicas científicas ofrecidas en el plan de estudios, el estudiante / graduado debería ser capaz de obtener flexibilidad profesional (humano / competencias profesionales).
8. Ser capaz de estudiar en nuevos campos a través del estudio independiente (capacidad de aprender a aprender).
9. Ser capaz de evaluar claramente órdenes de magnitud, para desarrollar una clara percepción y comprensión de situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías, tal que permiten el uso de

soluciones conocidas a nuevos problemas (habilidades para resolver problemas).

10. Ser capaz de identificar lo esencial de un proceso y/o situación y generar un modelo de trabajo del mismo; los estudiantes graduados deberán de ser capaces de desarrollar las aproximaciones requeridas de tal manera que el problema pueda ser reducido a un nivel manejable; esto es, tener pensamiento crítico para poder construir modelos físicos (habilidad para desarrollar modelos y resolver problemas).
11. Ser capaz de realizar cálculos de forma independiente, sin importar el equipo computacional con que se cuenta, ya sea que se tenga una PC pequeña o un equipo tipo estación de trabajo o clúster; el graduado debería ser capaz de desarrollar programas de software (habilidades de resolución de problemas y de cómputo).
12. Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía física y en otros áreas técnicas, así como cualquier otra fuente de información relevante para el trabajo de investigación y desarrollo de proyectos. Tener conocimiento buen del Inglés técnico es necesario (búsqueda de la literatura científica y habilidades de uso de la misma).
13. Ser capaz de entender los problemas socialmente relacionados que confrontan la profesión y comprender las características éticas de la investigación y de la actividad profesional en Física y su responsabilidad para proteger la salud pública y el medio ambiente (conciencia ética general y específica).
14. Ser capaz de trabajar con un alto grado de autonomía, aun aceptando responsabilidades en la planificación del proyecto y en el manejo de las estructuras (gestión de competencias).
15. Estar preparado para competir por puestos la escuela preparatoria en la enseñanza de la física (espectro de empleos accesibles).
16. Disfrutar el permanecer informado de los nuevos desarrollos y métodos en física y ser capaz de asesorar profesionalmente al respecto. (capacidad para actualizarse de manera específica).
17. Tener un conocimiento profundo de los fundamentos de la física moderna, por ejemplo de la teoría cuántica, etc. (Profunda cultura general en física);
18. Tener un buen conocimiento del estado del arte en - al menos - una de las especialidades de la física actualmente activos (familiaridad con las fronteras del conocimiento).
19. Tener un buen conocimiento de las teorías físicas más importantes, con conocimiento de su estructura lógica y matemática, su soporte experimental y los fenómenos físicos que pueden describirse con ellos (comprensión teórica de los fenómenos físicos).

20. Haberse familiarizado con "la obra del genio", es decir, con la variedad y la delicia de los descubrimientos y teorías físicas, desarrollando así una conciencia de los más altos estándares (sensibilidad a los estándares absolutos).
21. Familiarizarse con las áreas de la física más importante no sólo a través de su significado intrínseco, sino también a su futura relevancia en la física y sus aplicaciones; familiaridad con enfoques que abarcan muchas áreas en física (cultura general en física).
22. Familiarizarse con los métodos experimentales más importantes; Además de ser capaz de realizar experimentos de forma independiente, así como describir, analizar y evaluar críticamente datos experimentales (habilidades experimentales y de laboratorio).
23. Haber mejorado el manejo de lenguas extranjeras a través de la participación en cursos impartidos en lengua extranjera: es decir, estudiar en el extranjero a través de programas de intercambio y reconocimiento de créditos en universidades extranjeras o centros de investigación (habilidades generales y específicas de idioma extranjero).
24. Entender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos más utilizados (habilidades y destrezas matemáticas y en la resolución de problemas).

CRITERIOS PARA LA ORGANIZACIÓN

Organización administrativa

Los órganos de gobierno y autoridades de la Universidad, de acuerdo a la ley orgánica de la UAZ, serán

1. El Consejo Universitario.
2. El Rector.
3. El Secretario General.
4. El tribunal Universitario.
5. Los Consejos Académicos de Área.
6. Los Coordinadores de los Consejos Académicos de Área.
7. Los Consejos de las Unidades Académicas.
8. Los Directores de las Unidades Académicas.

Dentro de la UAF de la UAZ funcionará como máxima autoridad un Consejo de Unidad, estando éste conformado por académicos y estudiantes representados paritariamente. Su interacción, requisitos para su elección y permanencia, serán regulados por el Reglamento Escolar General de la UAZ, garantizando la representación del programa de Maestría dentro del Consejo de Unidad.

Las facultades del Consejo de Unidad estarán regidas por la Ley Orgánica y el Estatuto General de la UAZ. Entre dichas facultades estarán

I. Designar al Responsable académico de Maestría en Ciencias Físicas.
II. Designar al Responsable de tutorías de Maestría en Ciencias Físicas.
III. Determinar los cambios o propuestas para las formas de titulación.

El Consejo de Unidad será además presidido por el Director de la Unidad Académica, quien tendrá derecho a voz, y en caso de empate, voto de calidad. Así mismo, el Director tendrá entre sus obligaciones

I. Dirigir a los responsables de los diferentes programas.
II. Proponer políticas de ejercicio financiero para adquisición de equipo, definiendo prioridades para la Maestría en Ciencias Físicas.
III. Proponer, en conjunto con el Consejo de Unidad y previa consulta a los investigadores adscritos al programa, la asignación de los cursos.
IV. Dar seguimiento a los planes institucionales que lleven al posgrado a las certificaciones de calidad necesarias.

Las atribuciones del Director estarán regidas igualmente por la Ley Orgánica y el Estatuto General de la UAZ.

Organización académica

La organización del programa de Maestría comprenderá:

I. Un responsable Académico de la Maestría en Ciencias Físicas.
II. Comités tutoriales.
III. Academias por ejes disciplinares.
IV. Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento.

Sobre el responsable académico de la Maestría en Ciencias Físicas

El responsable académico será designado por el Consejo de Unidad. El Responsable Académico permanecerá en el cargo por un período de cuatro años.

Las atribuciones del Responsable Académico serán las siguientes

I. Representar a la Maestría en Ciencias Físicas ante todas las instancias internas o externas a la Universidad.
II. Presentar al Consejo de Unidad el plan anual de trabajo en el que se señalen las acciones a desarrollar, así como el presupuesto de operación e inversión.
III. Implementar el Programa Académico y dar seguimiento al nivel adecuado del mismo.
IV. Promover y gestionar las evaluaciones de calidad ante instituciones tanto internas como externas a la Universidad.
V. Promover y gestionar apoyos para el financiamiento de la Maestría en Ciencias Físicas ante las instituciones que se consideren apropiadas.
VI. Dar seguimiento a la adecuada difusión del programa de Maestría en Ciencias Físicas.
VII. Dar seguimiento administrativo, ante las instancias correspondientes, para el buen desempeño de los estudiantes adscritos al Programa Académico.
VIII. Extender los documentos que soliciten estudiantes, excepto aquellos que sean atributo exclusivo de las autoridades escolares de la Unidad Académica o de la administración central de la Universidad.
IX. Formar los subcomités que se consideren pertinentes para el buen funcionamiento del programa de Maestría.
X. Informar a los jurados de los exámenes para la obtención del grado sobre su designación, tiempos y obligaciones.

Sobre los comités tutoriales de la Maestría en Ciencias Físicas

De acuerdo al Reglamento de Tutorías de la UAZ, el Consejo de Unidad designará un responsable de tutorías para el programa de Maestría. Entre las atribuciones del responsable de tutorías estará la de designar, de entre los profesores adscritos

al programa que hayan sido certificados para tal efecto por instituciones adecuadas, al tutor principal para cada uno de los estudiantes adscritos al programa de Maestría en Ciencias Físicas. Además, a cada estudiante el Comité Académico le asignará durante el primer semestre, otros dos tutores que supervisarán el desempeño general del estudiante en su formación específica. De ésta forma, cada estudiante tendrá un Comité Tutorial, integrado de la siguiente manera

I. El primero de ellos será su tutor principal.
II. El segundo será el Director de tesis.
III. El tercero será algún integrante del Cuerpo Académico del asesor.

El tutor principal, será el encargado de organizar el plan de trabajo con los otros dos tutores y con el estudiante y elaborará las actas que den seguimiento a la tutoría. Así mismo, será el Comité Tutorial quien determinará y propondrá, tomando en cuenta los objetivos de la tesis, qué asignaturas de formación específica debe cursar su tutorado.

En caso de que el tutor principal pertenezca al mismo Cuerpo Académico de los otros dos tutores que conforman el Comité tutorial, se designara un cuarto tutor ajeno al Cuerpo Académico. Esto con la finalidad de que se dé prioridad y se vigile el desarrollo de la investigación del estudiante durante el Seminario de investigación y de tesis sobre los intereses del Cuerpo Académico.

Además, el Comité tutorial podrá proponer los posibles jurados, tanto internos como externos, para la obtención del grado.

Academias por ejes disciplinares

Las academias de conocimiento por ejes disciplinares tienen como objetivo fundamental promover e impulsar actividades de docencia, así como de revisar los programas de estudio de los cursos impartidos en el programa de Maestría en Ciencias Físicas. Las Academias serán conformadas acorde al reglamento de academias de la UAF. Las academias de la licenciatura y de la Maestría son las mismas en los ejes disciplinares comunes. Las Academias conformadas para el programa de Maestría en Física son: Mecánica, Laboratorios, Electrodinámica, Física Cuántica y Contemporánea, Física Térmica y Estadística y Métodos Matemáticos de la Física.

Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento

Las LGAC que dan soporte a la Maestría en Ciencias Físicas son actuales, integran a investigadores con productividad científica palpable, e involucran a estudiantes del programa. En ellas están incluidos todos los Docentes investigadores pertenecientes al programa, y colaboran con grupos de investigación de otras instituciones.

A continuación se describen las tres LGAC asociadas al programa, así se da una reseña de las características da cada una de estas, el estado del arte, y el nombre de los integrantes.

Modelación, Síntesis y Caracterización de Materiales (MSCM)

El desarrollo de las sociedades humanas ha estado históricamente ligado a su capacidad para producir los materiales necesarios para satisfacer sus necesidades. La física de los materiales ha contribuido a causar verdaderas revoluciones científicas y tecnológicas a través de la generación de nuevos materiales como polímeros, cerámicas, compósitos y aleaciones, así como en la invención y mejoramiento del transistor, los dispositivos ópticos y magnéticos de almacenamiento de datos, el láser, los LED, fibras ópticas, superconductores, celdas solares y una enorme lista de otros dispositivos de estado sólido que tienen aplicación prácticamente en todos los aspectos de la vida cotidiana. Es por esto justamente que un alto porcentaje de la investigación que se realiza a nivel mundial tiene que ver con la física de los materiales.

La LGAC de “Modelación, Síntesis y Caracterización de Materiales” del Programa de Maestría en Ciencias Físicas de la UAZ esta soportada por 15 investigadores, 80% de ellos en el Sistemas Nacional de Investigadores (SNI), los cuales se encuentran distribuidos en tres Cuerpos Académicos, dos de ellos teórico-experimental y uno más de carácter teórico. El primero de ellos de nombre *Estudio y Análisis Integral de Materiales Avanzados* tiene como objetivo principal el desarrollo de nuevos materiales con aplicaciones en la tecnología, este grupo se especializa en el crecimiento y caracterización de sistemas físicos novedosos, así como en el cálculo de sus propiedades físicas. El segundo Cuerpo Académico de nombre *Propiedades Electrónicas, Ópticas y Magnéticas de Materiales*, tiene como principal objetivo estudiar las propiedades ópticas, electrónicas y magnéticas de estructuras semiconductoras volúmicas y de baja dimensión desde el punto de vista teórico-numérico. Para ello se emplean esencialmente metodologías como Teoría de Masa Efectiva, Método k.p y Tight-Binding semi-empírico. También se estudia la propagación de diversos tipos de ondas en

sistemas multicapas. El tercer Cuerpo académico tiene el nombre de *Óptica Aplicada* y tiene como principales objetivos el desarrollo de la ingeniería óptica y el estudio de espectroscopia.

Temas de Investigación:

- Síntesis y caracterización óptica, eléctricas y estructural de materiales (E).
- Calculo de propiedades opto-electrónicas de materiales utilizando métodos semi-empíricos y de primeros principios (T).
- Espectroscopia (E y T)
- Ingeniería óptica (E y T)

Integrantes:

- Dr. José de Jesús Araiza Ibarra.
- Dr. Felipe Román Puch Ceballos.
- Dr. Hugo Tototzintle Huitle.
- Dr. Leticia Pérez Arrieta.
- M. en C. Juan Ortiz Saavedra.
- Dr. David Armando Contreras Solorio.
- Dr. Juan Carlos Martínez Orozco.
- Dr. Agustín Enciso Muñoz.
- Dr. Jesús Madrigal Melchor.
- Dr. Isaac Rodríguez Vargas.
- Dr. Tonatiuh Saucedo Anaya
- Dr. Rumen Ivanov Tzonchev
- Dr. Iván Moreno Hernández.
- Dr. Cuauhtémoc Araujo Andrade.
- Dr. Jaime Raúl Suarez López
- Dr. Sergio Molina Valdovinos.

Materia Blanda (MB)

Estudiamos materiales que son fácilmente deformables por esfuerzos externos como lo pueden ser campos eléctricos o magnéticos y por fluctuaciones térmicas. Estos materiales tienen dimensiones mayores que el tamaño de sus constituyentes (átomos o moléculas) llegando a medir hasta cientos de micrómetros. La estructura y dinámica de estos materiales determina las

propiedades macroscópicas de estos. Nuestro objetivo es entender el comportamiento e interacción de la materia blanda desde un punto de vista fundamental hasta tecnológico, desde materiales blandos sintéticos hasta sistemas biológicos. Nuestra aproximación es desde el punto de vista experimental, usando la microscopia óptica, reología y diversas técnicas de medición, de simulaciones: dinámica de moléculas, dinámica de partículas disipativas y teórica. Nos centramos especialmente en: Dinámica de membranas, interacción proteína-membrana, interacciones de filamentos con membranas, y dispersión coloidal.

La biofísica está íntimamente ligada con la materia blanda ya que este es un caso específico. Nuestra aproximación a la biofísica es desde la escala de sus constituyentes principales usando técnicas de experimentación de moléculas simples: microscopia de fuerza atómica, cámaras de flujo laminar, pinzas ópticas y sondas bio-membranales.

Temas principales de investigación:

- Propiedades mecánicas de membranas (E, T).
- Propiedades estructurales y dinámicas de sistemas coloidales (T, E).

Integrantes:

- Dr. Said Eduardo Aranda Espinoza.
- Dr. Alejandro Puga Candelas.
- Dra. Perla Xochil Viveros Méndez
- Dr. Helim Aranda Espinoza

Partículas, Campos y Física Matemática (PCyFM)

La LGAC de Partículas, Campos y Física Matemática adscrita al Maestría en Ciencias Físicas de la UAZ, está soportada por dos Cuerpos Académicos, uno consolidado (Partículas, Campos y Astrofísica) y el otro en construcción (Física-Matemática). Esta LGAC tiene un de carácter teórico y está relacionada con:

1. Electrodinámica clásica. Sobre la base de la investigación del problema de la comunicación súper-luminosa, se puede concluir que no hay restricciones fundamentales que puedan prohibir la producción de pulsos de campos electromagnéticos con velocidad de grupo que exceda la velocidad de la luz en el vacío. Por otro lado es evidente de la investigación experimental que la barrera de

la velocidad de la luz puede ser remontada y que la velocidad de las señales detectadas está limitada por las potencialidades de los equipos experimentales.

El campo de potenciales escalar y vectorial parece ser el campo de información que es capaz de transferir información acerca de los procesos físicos con velocidades que pueden tomar valores en el rango de cero al infinito, siendo que la información transferida no va acompañada, generalmente hablando, de energía o de momento al pasar del generador de la señal al receptor. Estos elementos determinan los temas a desarrollar en investigación:

a. Demostración de que las señales súper luminosas son consecuencia de las ecuaciones de Maxwell como consecuencia de la conexión no local de sus potenciales con los campos. Esto junto con el grado de libertad otorgado por las condiciones de calibración permitirá a su vez reformular las leyes de conservación de las características energéticas del campo electromagnético.
b. Obtención de una familia de potenciales electromagnéticos que describa la transferencia de información en el espacio con velocidad arbitraria.
c. Estudio del mecanismo físico para la aparición de señales súper luminosas, sobre todo en relación con el campo propio de las partículas como portador de este tipo de señales.
d. Reformulación de las leyes de conservación de energía, flujo e impulso en donde aparezca en forma explícita los potenciales utilizando un procedimiento no simétrico en la obtención del tensor energía-impulso.
e. Estudio de las posibles analogías clásicas del conocido efecto cuántico de Aharón-Bohm.

2. Se estudia el modelo de Relatividad General, en diferentes vertientes, Gravitación y Cosmología; así como teorías alternas a esta, espacios no-conmutativos, teorías de norma, Supergravedad, Gravedad de Horâva, dimensiones extra, lo anterior se trabaja tanto a nivel clásico como cuántico, y en general, el estudio de las simetrías relacionadas con cada uno de éstos temas. A nivel matemático, se desarrollan técnicas encaminadas a describir de manera geométrica cantidades invariantes asociadas a un sistema físico. En particular son desarrolladas técnicas de geometría diferencial, álgebras geométricas, y estructuras simplécticas no-conmutativas.

3. Investigación a nivel fenomenológico de la línea de producción de bosones vectoriales y de Higgs en el modelo estándar. Esto implica:

a. La investigación de las propiedades de los bosones de vectoriales predichos por el modelo estándar y modelo extendidos (Modelo con simetría Left-Right).
b. El análisis de las propiedades de los bosones de Higos del Modelo estándar y el Modelo Estándar Supersimétrico Mínimo.
c. El estudio de la Producción de Pares de bosones de Higos del Modelo Estándar.
d. La estimación de las Cotas para el Momento Magnético y el Momento Dipolar Eléctrico del Neutrino del Tau.
e. La Estimación de los Límites para el Momento Magnético y el Momento Bipolar Eléctrico del Leptón Tau.
f. El Análisis del Espectro de Energía en el Punto Final del Decaimiento Beta del Tritio.

Los estudiantes que se adhieran a alguno de los proyectos desarrollados por los miembros de la orientación, estarán directamente ligados a la investigación, por lo que es de esperarse que su participación sea activa y se vea reflejada en el Seminario conjunto de Gravitación y Campos organizado por los miembros del mismo, además de participar en visitas de investigación a otras Universidades con las que se tiene convenios, ya sea a nivel institucional o bien, personal.

Temas principales de investigación:

- Relatividad General y Teorías alternas (T).
- Fenomenología de bosones vectoriales y escalares (T).
- Electrodinámica Clásica (T).

Integrantes:

- Dr. Andrew Chubykalo Eugenievich.
- Dr. Amado Augusto Espinoza Garrido.
- Dr. Alejandro Birgilio Gutiérrez Rodríguez.
- Dr. Valeri Vladimirovich Dvoeglazov.
- Dr. Carlos Alberto Ortiz González.
- Dr. Alejandro González Sánchez.
- Dr. Julio César López Domínguez.
- Dr. Sinhué Lizandro Hinojosa Ruiz.

Ingreso, Permanencia, Egreso y titulación

El ingreso, permanencia, egreso y titulación de los estudiantes del programa de Maestría en Ciencias físicas están regidos por el reglamento escolar general de la universidad, y por las características particulares del programa, plasmadas en el perfil de ingreso, mapa curricular y formas de titulación.

Criterios de ingreso

Para ingresar al programa de Maestría en Ciencias Físicas, además de los requisitos establecidos en el artículo 156 del Estatuto General, y de satisfacer el perfil de ingreso, se requiere

I. Registrarse como aspirante a ingresar al Programa Académico de Maestría en Ciencias Físicas.
II. Carta de motivos en la cual se deberá incluir las opciones de interés académico que el solicitante desea cumplir.
III. Cartas de recomendación de por lo menos dos personas relacionadas con su trayectoria académica, en las cuales se avalen los intereses del solicitante.
IV. Presentar un examen de diagnóstico, previo a los cursos propedéuticos. En caso de que el estudiante obtenga una calificación sobresaliente, se analizará la opción de que el estudiante no realice en su totalidad o parcialmente los cursos propedéuticos.
V. Aprobar todas las asignaturas del curso propedéutico.
VI. Presentar constancia de acreditación del idioma inglés a NIVEL INTERMEDIO (B1-, B1, B1+) DEL CENNI SEP (Certificación del Idioma de la Secretaria de Educación Publica), avalado por la instancia institucional de la UAZ correspondiente.
VII. En caso de no contar con título de Licenciatura, presentar carta compromiso de titulación, en la cual se deberá de proporcionar información fidedigna sobre el status del proceso de obtención del grado.
VIII. Tratándose de admisión por la vía de convalidación, equivalencia o revalidación de estudios, cumplir con los requisitos que para tal efecto se señalan en este Reglamento Escolar General de la UAZ.

Criterios de permanencia

Para permanecer inscrito en el programa de Maestría en Ciencias Físicas y ser considerado estudiante regular, el estudiante deberá:

I. Aprobar todas las asignaturas en su primera oportunidad.
II. Al ingresar al primer día del segundo semestre el estudiante habrá obtenido el título de Licenciatura, de acuerdo a su carta compromiso de titulación presentada durante el proceso de ingreso.

El límite máximo que tiene un estudiante para estar inscrito en el plan de estudios de la Maestría en Ciencias Físicas se apegará a los tiempos estipulados en el Reglamento Escolar General de la UAZ.

El estudiante podrá solicitar permiso al Consejo de Unidad para suspender los estudios por tiempo determinado y por causa plenamente justificada en términos de lo establecido en el Capítulo II del Título II del Reglamento Escolar General de la UAZ. En caso de que éste permiso le sea concedido, ese tiempo no se computará para los efectos del límite máximo temporal.

Los estudiantes en situación regular son quienes hayan cursado y aprobado todas las Unidades Didácticas de los ciclos escolares anteriores al que se encuentran cursando, de acuerdo con el plan de estudios en vigor y estén inscritos en todas las unidades didácticas del ciclo que cursen.

Son estudiantes en situación irregular quienes cursen Unidades Didácticas de ciclos escolares anteriores al que se encuentren inscritos, o bien, sólo cursen las unidades didácticas no aprobadas o no cursadas en ciclos escolares anteriores.

El estudiante en situación irregular que adeude más de una Unidad Didáctica del ciclo anterior, no podrá ser reinscrito al ciclo inmediato posterior. Si adeuda una Unidad Didáctica de dos ciclos anteriores, sólo podrá ser reinscrito para cursar las Unidades Didácticas que adeude. Además de las causas establecidas en el artículo 166 del Reglamento Escolar General de la UAZ, la calidad de estudiante se perderá cuando se incurra en alguna de las siguientes causas

I. Reprobar o dejar de presentar exámenes en un mínimo del cincuenta por ciento de las unidades didácticas en un solo ciclo escolar.
II. Reprobar o dejar de presentar exámenes en un mínimo del sesenta por ciento de las unidades didácticas en los primeros dos ciclos escolares.
III. Dejar de inscribirse en más tres ciclos escolares consecutivos.
IV. No aprobar una unidad didáctica habiéndola cursado una vez.

Criterios de egreso

Para acreditar el programa de Maestría en Ciencias Físicas, el estudiante deberá

I. Aprobar seis asignaturas de formación básica.
II. Aprobar al menos dos asignaturas de formación específica.
III. Aprobar la estancia práctica o de investigación.
IV. Aprobar el seminario de investigación.
V. Aprobar el Seminario de Tesis.
VI. Presentar constancia de acreditación del idioma inglés a NIVEL INTERMEDIO SUPERIOR (B2-, B2, B2+) DEL CENNI SEP (Certificación del Idioma de la Secretaria de Educación Publica), avalado por la instancia institucional de la UAZ correspondiente.
VII. Presentar el contenido de su tesis en el Coloquio de la UAZ y/o en un evento nacional o internacional.
VIII. Cubrir todos los montos por conceptos de derechos que establezca el consejo universitario mediante el reglamento de Ingresos de la Universidad, y la Unidad Académica de Física.

Criterios de titulación

Las formas de titulación será alguna de las dos siguientes:

I. Presentación de una Tesis de Maestría donde el estudiante demuestre que domina un tema avanzado de la Física relacionado con las LGAC de algún Cuerpo Académico adscrito en la UAZ, y bajo la supervisión de por lo menos un investigador miembro del Cuerpo Académico. El contenido de la tesis deberá no estar incluido en el temario de ninguno de las asignaturas de formación básica del programa. Asimismo deberá demostrar que entiende el planteamiento de uno o una serie de problemas de interés en la Física actual. Se incitará a que las tesis incluyan la solución a algún problema de nivel adecuado de investigación.
II. Mostrar evidencia de aceptación de por lo menos un producto derivado de su trabajo de investigación en una revista de investigación indexada con tiraje internacional.

En ambos casos, se deberá defender el trabajo del estudiante mediante un examen oral público y ante un jurado formado por cinco Docentes-Investigadores en Física o áreas afines a la tesis, de los cuales uno será el asesor de la tesis, otro deberá de pertenecer a un Cuerpo Académico distinto al del asesor, y al menos uno deberá ser profesor de instituciones distintas a la UAZ, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Escolar General de la UAZ.

El resultado del examen de grado y de posgrado será inapelable, y en los términos del artículo 190 del Reglamento Escolar General de la UAZ, podrá expresarse de la siguiente manera:

I. No Aprobado.
II. Aprobado por Mayoría.
III. Aprobado por Unanimidad.
IV. Aprobado por Unanimidad con Mención Honorífica.

La mención honorífica será otorgada cuando el sustentante haya obtenido un promedio general mínimo de nueve, y cuente con una trayectoria académica ejemplar, así como también la tesis o la publicación de su trabajo y su defensa, a juicio del jurado, sea sobresaliente en metodología, contenido temático y se presente en el tiempo establecido en el programa de Maestría en Ciencias Físicas.

Evaluación del aprendizaje

La evaluación del nivel aprendizaje de los estudiantes de la Maestría en Ciencias Físicas se realiza bajo criterios públicos y estandarizados. Estos criterios están basados en el reglamento escolar general de la UAZ, el reglamento de academias de la UAF, las planeaciones educaciones de las asignaturas, y la experiencia y conocimiento de los docentes que imparten las asignaturas.

El plan de estudios de la Maestría en Ciencias Físicas contará con el porcentaje de los créditos distribuidos en Unidades Didácticas básicas, además de las específicas y/o electivas previamente señaladas para cada nivel y área.

El plan de estudios será flexible en el sentido de ofertar opciones terminales adecuadas a las LGAC desarrolladas dentro de la UAF. Estas estarán diferenciadas con base en los perfiles de egreso particular de los estudiantes y sus intereses formativos. Podrán ser cursados en diferentes modalidades de periodos en los que se considera una cantidad total de un mínimo de 105 a un máximo de 115 créditos a cursar según el mapa curricular y bajo los criterios del Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos (SATCA-2007) aprobado por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior.

Créditos Académicos

El Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos 2007 considera los siguientes criterios:

I. La unidad de crédito corresponde a 16 horas = 1 crédito, sin distinciones de docencia teórica o práctica en su proceso de aprendizaje y adquisición de competencias.
II. Se establece como criterio de asignación 20 horas = 1 crédito, para actividades de aprendizaje independiente (tesis, proyectos de

investigación, trabajos de titulación, exposiciones, ponencias, conferencias, congresos, productos derivados de actividades de estudio individual o colectivo para la adquisición de competencias, etc.).

III. Se establece el criterio de 50 horas = 1 crédito para trabajo de campo supervisado (estancias, ayudantías, prácticas profesionales, servicio social, internados, etc.).

Criterios para la evaluación del aprendizaje

La evaluación se llevará a cabo siguiendo los lineamientos del Reglamento Escolar General de la UAZ.

Como resultado del proceso de evaluación, y con fines de acreditación, la calificación se deberá expresar en cada unidad didáctica, curso, prueba o examen mediante el sistema decimal. Las calificaciones se deben expresar en números enteros dentro de la escala decimal, para efectos del reconocimiento oficial de estudios. La calificación mínima para aprobar o acreditar una unidad didáctica será de 8 (ocho) y se deberá ajustar promoviendo el medio punto decimal al siguiente entero mayor.

Las asignaturas de formación básica serán evaluadas por el profesor que las imparten y por las Academias del conocimiento, teniendo estas últimas la responsabilidad de vigilar se cumplan los contenidos mínimos. Las asignaturas especificas serán evaluadas mediante el criterio que libremente determine el profesor que la imparte, siempre y cuando se garantice el cumplimiento del trabajo designado por los créditos correspondientes a dicha asignatura y los contenidos descritos en cada una de las asignaturas, manteniéndose dentro de los límites fijados por el Reglamento Escolar General de la UAZ.

El mecanismo para que la academia garantice el cumplimiento de los contenidos mínimos de cada asignatura de formación básica es a través de una evaluación al estudiante al finalizar el curso. Los mecanismos de evaluación quedaran a juicio de la misma, siempre y cuando estén comprendidos dentro del reglamento de academias.

La calificación mínima para exentar el curso es 8 (ocho). En caso de que el estudiante no exente el curso, la calificación final se construirá de la siguiente manera: el 60% la otorgará el profesor que imparte la asignatura y el 40% la otorgará la académica correspondiente.

Cada asignatura de formación básica será evaluada por el docente dentro del curso según criterios preestablecidos. Para las asignaturas de formación básica con un carácter teórico los criterios son exámenes escritos, tareas y exposiciones.

A cada concepto le corresponde un valor mínimo y uno máximo, dentro del cual el docente que imparte la asignatura deberá de ubicar el porcentaje que le asignara a ese concepto. La suma de todos debe de ser igual a 100%.

Criterio	Mínimo	Máximo
Exámenes escritos (mínimo uno)	20%	60%
Tareas (sesiones de problemas y series de problemas entregados)	20%	60%
exposiciones	5%	20%

Para la asignatura de Laboratorio de Física contemporánea, los criterios a evaluar son los siguientes:

Criterio	Mínimo	Máximo
Asistencia	5%	15%
Participación	5%	15%
Reporte	30%	60%
Defensa de reporte	10%	30%

Para las asignaturas de formación específica, serán los integrantes de las LGAC quienes revisen y supervisen sus contenidos de acuerdo a las necesidades de cada una de estas, siempre y cuando se garantice el cumplimiento del trabajo designado por los créditos correspondientes a dicha asignatura.

En caso de que se consideren incluir más asignaturas de formación específica, estas deben de ser propuestas por los integrantes de las LGAC. Una vez hecho esto, deben de contar con el visto bueno del Consejo de Unidad para poder ser consideradas y registradas.

MAPA CURRICULAR

Estructura general

En este apartado se presenta la estructura general del plan de estudios del programa de Maestría en Ciencias Físicas de la UAZ. Este mapa curricular se diseño con base en el SATCA aprobado por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. El mapa curricular tiene como base las asignaturas (Unidades Didácticas), dentro de las cuales el estudiante desarrolla diferentes competencias. El programa está dividido en semestres, en los cuales el estudiante cursa diferentes asignaturas.

Antes de ingresar de manera formal al programa de Maestría, el estudiante debe de pasar por un proceso de selección, en el cual se determina si cuenta con las competencias necesarias para realizar estudios de Maestría en el área de las ciencias Físicas.

En la etapa de selección, y durante la estancia dentro del programa, existe una supervisión hacia el estudiante, con el fin de garantizar su correcta formación, y que esta se realice en los tiempos establecidos dentro del programa. En la etapa de selección, y en la formación básica la responsabilidad de esta supervisión recae en las Academias, durante la formación específica y complementaria, recae en el Comité de Tutorías.

Mecanismo de ingreso a la Maestría en ciencias Físicas

Se consideran Aspirantes todos aquellos interesados que cumplan con el perfil de ingreso y con los requisitos establecidos en la convocatoria del proceso único de ingreso UAZ.

Dado el amplio perfil de ingreso para el programa de Maestría en Ciencias Físicas se tiene contemplada una etapa de selección, que se planea como un proceso de preparación y evaluación del perfil deseable descrito en el perfil de ingreso.

El proceso de selección consiste en un examen de diagnostico, cuyo objetivo es el determinar cuáles competencias del perfil de ingreso cumple el aspirante. En caso de aprobar, el aspirante será admitido al programa de maestría y de lo contrario se le recomendara asistir y aprobar los cursos propedéuticos.

Examen de diagnostico
Este será elaborado por las academias y se debe de renovar sistemáticamente. El objetivo de éste es que debe de servir como un instrumento para evaluar la capacidad de analizar y resolver problemas físicos mediante la utilización de métodos analíticos y demostrar una comprensión de los conceptos fundamentales y principios de la Física.

Curso propedéutico
Estos tienen el objetivo de preparar y evaluar el perfil de ingreso de los aspirantes. En esta etapa los aspirantes deberán asistir a los cursos y se le recomendara asistir al seminario de investigación en donde se muestran las diferentes LGAC que se cultivan dentro de la UAF. Durante esta etapa se implementarán instrumentos o estrategias para validar y potenciar las otras características no revisadas en el examen de diagnostico deseables del aspirante. El propósito es el revisar los principales conceptos de la Física clásica. Las asignaturas que se impartirán en el curso propedéutico son:

- Termodinámica.
- Mecánica Newtoniana.
- Electromagnetismo.
- Métodos Matemáticos.

La descripción de las asignaturas, sus contenidos y la bibliografía asociada a cada una de ellas se encuentran al comienzo de la sección de descripción de las asignaturas.

Organización de contenidos, asignación de créditos y actividades académicas

La distribución del mapa curricular se diseño acorde al modelo UAZ siglo XXI, el cual privilegia el aprendizaje centrado en el estudiante a través de un modelo flexible. El esquema aquí planteado permite diseñar una trayectoria académica a cada estudiante en función de sus intereses y desempeño, asegurando una formación solida en Ciencias Físicas que le facilitara su incorporación al siguiente nivel de estudios o al mercado laboral, según sea el caso. La distribución de créditos académicos se hace respetando los lineamientos del SATCA.

El programa está basado en tres ejes de formación. Estos ejes son los de formación básica, formación específica y formación complementaria. En el primero de ellos el estudiante adquiere las competencias relacionadas la Física básica a

nivel Maestría, en el segundo con las competencias relacionadas de un área específica de la Física, y el tercero con competencias necesarias para la realización de un proyecto de investigación.

Formación básica

La formación básica esta constituida por seis asignaturas, llamadas asignaturas de de formación básica (AFB) que son comunes a todas las LGAC. Las cinco asignaturas en donde se adquiere el conocimiento de la Física básica, así como en la que se adquiere las competencias de análisis matemático, tienen un carácter teórico y se desarrollan principalmente en el aula. Se les asignan 10 créditos académicos. Estas asignaturas se cursaran durante el primer año del programa. En el segundo año de su estancia dentro del Programa Académico el estudiante deberá cursar la asignatura de laboratorio de Física contemporánea, con el fin de garantizar que desarrolle actitudes y habilidades multi-disciplinarias, y pueda desarrollar una correcta vinculación teórico-experimental. Esta asignatura otorga 5 créditos académicos, y se desarrollara dentro de los laboratorios de investigación con que cuenta la UAZ, o en instalaciones destinadas para este fin especifico.

Las AFB significan 55 créditos académicos requeridos para la obtención del grado de Maestría en Ciencias Físicas.

Las AFB son las siguientes:

- Mecánica Clásica (AFB-1).
- Métodos Matemáticos (AFB-2).
- Electrodinámica (AFB-3).
- Mecánica Cuántica (AFB-4).
- Física Estadística (AFB-5).
- Laboratorio de Física Contemporánea (AFB-6).

Formación específica

La formación específica comprende las Asignaturas de Formación Especifica (AFE) que el estudiante cursa para adquirir las competencias necesarias en un área específica de la Física. El Comité Tutorial supervisa la formación específica y complementaria. Una vez cubierto los primeros 30 créditos académicos por parte del estudiante, el Comité tutorial aprobara las Asignaturas de Formación específica, dependiendo de los intereses del estudiante, y de la LGAC dentro de la cual decida realizar su formación y proyecto de investigación. Cada una de las

AFE otorga 10 créditos académico. Estas asignaturas significan mínimo 20 y máximo 30 del total de créditos académicos necesarios para obtener el grado de Maestría en Ciencias Físicas.

Con el objetivo de promover la movilidad de los estudiantes, la AFE 2 o 3 (si esta última es realizada por el estudiante) podrá ser cursada en alguna institución nacional o internacional con la que se tenga vinculación, y se realizara bajo la autorización del Consejo de la Unidad de la UAF de la UAZ, que e quiene valida los créditos académicos de estas actividades cursadas en otra institución.

Las asignaturas de AFE por LGAC son las siguientes:

Modelación, Síntesis y Caracterización de Materiales (MSCM)

- Física del estado sólido (AFE-1).
- Física de semiconductores (AFE-2).
- Química de materiales (AFE-3).
- Calculo de propiedades electrónicas (AFE-4).
- Caracterización de materiales (AFE-5).
- Óptica de Fourier (AFE-6).
- Ingeniería óptica (AFE-7).
- Heteroestructuras (AFE-8).
- Holografía digital (AFE-9).
- Introducción a las espectroscopias vibracionales (AFE-10).
- Introducción a la Física de bajas temperaturas (AFE-11).
- Propagación de ondas en medios multicapas (AFE-12).
- Sistemas Metal-Dieléctrico-Semiconductor (MOS) (AFE-13).
- Técnicas de crecimiento de materiales (AFE-14).

Materia Blanda (MB)

- Biofísica de célula (AFE-15).
- Fuerzas intermoleculares y de superficies (AFE-16).
- Física Estadística II (AFE-17).
- Teoría de Líquidos Simples (AFE-18).
- Simulaciones avanzadas (AFE-19).

Partículas, Campos y Física Matemática (PCyFM)

- Tópicos avanzados de la mecánica clásica (AFE-20).
- Tópicos avanzados de Física-Matemática (AFE-21).
- Teoría cuántica del campo (AFE-22).

- Teorías de Norma en Física de Partículas (AFE-23).
- Astronomía extra galáctica y cosmología (AFE-24).
- Estructura galáctica y Dinámica estelar (AFE-25).
- Relatividad general (AFE-26).
- Teoría general de Campos Clásicos (AFE-27).

Formación complementaria

La formación complementaria comprende tres asignaturas que se cursan después del segundo semestre. La formación complementaria otorga 30 créditos académicos al estudiante y pretende que el estudiante realice un proyecto de investigación, desde el planteamiento del problema, hasta la elaboración de un producto de investigación (artículo o tesis). Las tres asignaturas en donde se realiza este proceso son:

- **Estancia Práctica o de Investigación (EPol).** Períodos de trabajo supervisado por el director de tesis que el alumno deberá realizar en campo (Teórico o experimental) local o en centros de investigación de instituciones del país o el extranjero. Se realizan en los lugares seleccionados entre el tutor y el alumno avalado por el comité académico y se evalúa con los reportes de dichas estancias. Es importante señalar que esta estancia es única y tiene como objetivo el promover la movilidad, en consecuencia, se espera que la estancia se realice de manera preferente en alguna otra institución, con la cual exista relación académica de alguno de sus integrantes. La Epol otorga cinco créditos del tipo de trabajo supervisado.
- **Seminario de Investigación (SI).** Espacios destinados al avance sustantivo del trabajo de investigación. El alumno trabaja de manera individual supervisado por el director de tesis y avalado por el Comité Tutorial. Esta actividad se evalúa mediante una sesión plenaria (Semestral), previa entrega de un protocolo de proyecto de investigación a los miembros del comité tutorial. En el SI quien otorga los créditos académicos a esta actividad es el asesor ó tutor. En esta evaluación los estudiantes exponen sus avances ante el comité tutorial y posiblemente también ante investigadores invitados, quienes sugieren recomendaciones para enriquecer y mejorar el trabajo, fomentando el diálogo y el intercambio de ideas. Esta actividad otorga 10 créditos académicos, y se considera que es una actividad propia del campo profesional supervisada, en este caso por el asesor.
- **Seminario de tesis (ST).** Espacio dedicado a la preparación y aprobación de la tesis o, en su caso, a la elaboración de artículos científicos. El tema

de cada estudiante deberá estar vinculado directamente con la LGAC a la que está asociado. El seminario se evalúa con la defensa ante el comité tutorial y el comité de tesis del trabajo realizado, sea tesis o artículo de investigación. En este último caso, es necesario presentar la constancia por escrito de su aceptación para su edición en alguna revista indexada. La calificación se expresa mediante las opciones aprobado / no aprobado. En caso de aprobado, se otorgan 15 créditos académicos. El comité de tesis quedará integrado por cinco docentes-investigadores, y se debe satisfacer lo siguiente: tres de ellos deben de pertenecer al área de conocimiento en que se realizó el trabajo, uno de los cuales debe ser el asesor, otro debe de pertenecer a un área diferente, y el último debe de realizar la actividad complementaria a la que se realizó el trabajo de tesis (teórico o experimental).

Egreso

Para poder egresar de maestría se deben de acreditar entre 105 y 115 créditos académicos, en el tiempo señalado por el reglamento escolar general de la Universidad.

Titulación

Acorde al reglamento de titulación, esta se realizara defendiendo un artículo de investigación o una tesis frente a un comité designado para tal fin. Una vez que se cuente con el aval del comité de tesis, y se hallan satisfecho las recomendaciones hechas por este, y en el caso de la publicación una vez aceptada la contribución en una revista que cumpla con los parámetros establecidos en el reglamento, se realizará una defensa pública del trabajo realizado, y se expedirá un acta de examen, acorde al reglamento escolar general.

Esquema del Mapa Curricular

En la tabla 1 se presenta el mapa curricular en forma vertical de la Maestría en Ciencias Físicas. Se presenta la información referente al tiempo dedicado durante la semana promedio a cada asignatura a la discusión de: teoría (t), resolución de problemas en clase (p), auto estudio (au), laboratorios (la), estancias de verano (ev), trabajo de investigación o tesis (ti) por semana, para obtener los créditos académicos correspondientes, acorde al SATCA.

Tabla 1: Mapa curricular de la Maestría en Ciencias Físicas en forma vertical. Se describen las horas de trabajo a la semana dedicas a cada una de las asignaturas, así como los créditos asociados a estas actividades. Los créditos marcados con (*) son opcionales.

Semestre	Actividad Académica	Horas/Semana	Créditos
1	AFB 1 AFB 2 AFB 3	3t+3p+6ae 3t+3p+6ae 3t+3p+6ae	10 10 10
2	AFB 4 AFB 5 AFE 1	3t+3p+6ae 3t+3p+6ae 3t+3p+6ae	10 10 10
3	EPoI (6-7 semanas en el verano)	40ev	5
	LFC AFE 2 AFE 3* (opcional) SI	6la 3t+3p+6ae 3t+3p+6ae 14ti	5 10 10* 10
4	AFE 3* (opcional) ST	3t+3p+6ae 20ti	10* 15
		Total de Créditos	**Mínimo 105** **Máximo 115**

En la Tabla 2 se muestra el mapa curricular mostrando los ejes de formación de la Maestría en Ciencias Físicas, y como están distribuidos dentro del programa. Durante el primer año de su estancia dentro del programa, el estudiante realiza su formación básica y comienza con la específica. En el segundo año, culmina la formación específica y realiza la complementaria. Durante el segundo año de estancia, es posible realizar movilidad de estudiantes, así como adquirir créditos extras, en función a los deseos y características del estudiante.

Tabla 2. Mapa Curricular mostrando los ejes de formación de la Maestría en Ciencias Físicas. Los créditos marcados con (*) son opcionales. Estos créditos pueden obtenerse durante el tercer o cuarto semestre.

Eje transversal	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4
Básico	AFB 1 AFB 2 AFB 3	AFB 4 AFB 5	LFC	
Especifico		AFE 1	AFE 2 AFE 3* (opcional)	AFE 3* (opcional)
Complementario			EPoI SI	ST

EFICACIA DEL PROGRAMA

En el programa de Maestría en Ciencias Físicas se han implementado un conjunto de acciones y mecanismos para garantizar la eficacia del mismo en sus diferentes etapas, ingreso, permanencia y titulación, así como para garantizar la vinculación docencia-investigación. Estas acciones y mecanismos se diseñaron tomando en consideración los recursos con que cuenta el programa y la Universidad.

Acciones

A continuación, se enuncian las acciones es para garantizar la eficacia del Programa Académico:

- Promoción del Programa Académico.
- Promover la vinculación con los programas académicos que oferta la UAF.
- Aumentar la vinculación del programa con otros actores de la sociedad.
- Garantizar que el perfil de ingreso al programa este en sintonía con el perfil de a los profesionistas que egresan de otros programas de la universidad y de otras instituciones educativas en el estado, así como de la licenciatura de Física.
- Realizar la gestión de los recursos necesarios para mejorar la infraestructura física que soporta al programa, y poder promover la movilidad de los estudiantes y profesores.

Además de estas acciones, existen mecanismos integrados dentro del propio programa que tienen como fin garantizar un alto nivel de titulación y la calidad académica dentro de los estudiantes, así como mejorar la vinculación docencia-investigación. Estos mecanismos son los siguientes:

Mecanismos para garantizar una alta tasa de titulación

- Comité Tutorial.
- Mapa curricular flexible. Diseño de trayectoria académica acorde a los intereses y características del estudiante.

- Perfil de egreso que le permita al estudiante continuar con estudios de doctorado, o incorporarse al mercado laboral de una manera ventajosa.

Estrategias para garantizar la calidad académica

- Formación de un Comité Tutorial para cada estudiante.
- Implementación de Seminarios de investigación y de tesis.
- Partcipación plena de Academias por área de conocimiento.
- Involucramiento de Cuerpos Académicos en la impartición de asignaturas de formación específica y en los Comités Tutoriales.

Estrategias para garantizar la vinculación docencia-investigación.

- Diseño de asignaturas con contenidos acordes a las LGACs de los Cuerpos Académicos.
- Integración del estudiante dentro de un cuerpo académico.
- Promoción para que los estudiantes asistan a reuniones académicas: estancias cortas, conferencias, talleres, congresos.
- Obtención de créditos Académicos durante la mayor parte de estancia en el programa asociados al trabajo de investigación.
- Mecanismos que posibilitan la movilidad interinstitucional, nacional y extranjera, y dentro de la universidad.

ANEXO A

Curso Propedéutico

Termodinámica

Descripción: La termodinámica es fundamentalmente una ciencia fenomenológica, es decir, una ciencia macroscópica basada en leyes generales inferidas en el experimento, independientemente de cualquier modelo microscópico de la materia. Su objetivo es, a partir de unos postulados (leyes de la termodinámica), obtener relaciones entre propiedades macroscópicas de la materia, cuando esta se somete a toda una variedad de procesos.

Contenidos.

- Sistemas termodinámicos y Equilibrio termodinámico.
- Ley Cero de la termodinámica y la Ecuación de estado.
- Trabajo y la primera ley de la termodinámica.
- Energía interna. Segunda ley de la termodinámica y definición de la entropía.
- Los potenciales termodinámicos y relaciones de Maxwell.
- La relación de Gibss-Duhem.
- La tercera ley de la termodinámica.
- Propiedades de un gas ideal.
- El principio de Kelvin. Equilibrio entre fases.
- El principio de Le Chatelier.
- La ecuación de Clausius-Clapeyron.
- Equilibrio químico en un sistema con varias componentes.

Bibliografía.

- H. B. Callen, Termodinámica, Editorial Wiley.
- Leopoldo García-Colin Scherer, Introducción a la termodinámica clásica. Trillas.

Mecánica Newtoniana

Descripción. Este curso revisa los conceptos fundamentales y principios de la mecánica Newtoniana. Se pretende abarcar desde la descripción del movimiento, hasta las aplicaciones a cuerpo rígido y oscilaciones. Se hará énfasis en que el estudiante, además de comprender los conceptos aquí descritos adquiera la capacidad de plantear, analizar y resolver problemas de mecánica analíticamente.

Contenidos.

- Movimiento.
- Leyes de Newton.
- Partícula simple.
- Fuerza central.
- Sistemas de muchas partículas.
- Oscilaciones. Cuerpo rígido.

Bibliografía.

- Classical Dynamics of Particles and Systems, Stephen T. Thornton and Jerry B. Marion. 2003.

Electromagnetismo

Descripción. Este curso revisa los conceptos fundamentales y principios del electromagnetismo, se pretende abarcar desde la electrostática hasta la determinación de las ecuaciones de maxwell en el vacío, haciendo énfasis en que el estudiante, además de comprender bien los conceptos aquí descritos adquiera la capacidad de plantear, analizar y resolver problemas de electrostática analíticamente.

Contenidos.

- Repaso de Análisis Vectorial.
- Electrostática.
- Resolución de problemas electrostáticos.
- Campo Eléctrico en Materiales.
- Magnetostática.
- Campo Magnético en Materiales.
- Ecuaciones de Maxwell.

Bibliografía.

- David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics (3rd Edition), Prentice-Hall, 1999.
- Reitz-Milford-Christy. Foundations of Electromagnetic Theory (4th Edition). Addison Wesley, 1992.
- Roald K. Wangsness. Electromagnetic Fields (2nd Edition), Wiley, 1986.

Métodos Matemáticos

Descripción. Este curso tiene como finalidad proveer a los estudiantes cierta soltura para resolver problemas clásicos de la física-matemática, y que les permita abordar estudios de graduados en cualquier área de la física; sin demasiados problemas en este ámbito. El curso está dirigido fundamentalmente a estudiantes de física de los últimos semestres de licenciatura. También puede resultar provechoso para estudiantes de matemáticas aplicadas o de ingenierías.

Contenidos.

- Análisis vectorial
- Rotación de ejes coordenados.
- Definición de campo escalar y campo vectorial.
- El Gradiente, divergencia y rotacional.
- El Laplaciano de una función escalar.
- Integración vectorial, teorema de Gauss y de Stokes.
- Función delta de Dirac.
- El teorema de Green en el plano.
- Análisis tensorial.
- Determinantes y matrices. Determinantes.
- Ecuaciones diferenciales ordinarias
- Series y transformadas de Fourier.

Bibliografía: G. Arfken, Mathematical Methods for Physicist (Third edition), Academic Press, 1985; E. Kreyszig.

Seminarios

Descripción. Esta dirigido a todos los aspirantes interesados a ingresar al programa de maestría y tiene como fin que conozcan el quehacer científico que se realiza en la UAZ. Está estructurado en una serie de platicas que impartirán los investigadores de la unidad académica, con una frecuencia tal que permita que se conozcan todas las LGAC adscritas a los CA.

Contenidos.

- Cálculo de Propiedades Ópticas, Electrónicas, Magnéticas y Estructurales de Materiales.
- Sintetización, Generación y Caracterización de Propiedades Ópticas, Eléctricas, Estructurales y Magnéticas de Materiales.
- Estudios de las propiedades electrónicas, ópticas y magnéticas de materiales volúmicos y baja dimensionalidad.
- Bosones vectoriales y bosones de Higgs en el modelo estándar y modelos extendidos.
- Electrodinámica clásica.
- Propiedades electromagnéticas del neutrino.
- Propiedades mecánicas de las membranas celulares.
- Arresto dinámico de la materia blanda condensada.
- Espectroscopia foto acústica.
- Ingeniería Física (Óptica).
- Física Matemática.
- Cuantización.

ANEXO B

Asignaturas de

Formación Básica

Mecánica clásica

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: Ninguno

Clave: **AFB-1**

Asignatura: Básica

Descripción de la asignatura: La mecánica clásica es una formulación de la mecánica para describir el movimiento de sistemas de partículas físicas de sistemas macroscópicos y a velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz. Existen varias formulaciones diferentes, atendiendo a los principios que utilizan, de la mecánica clásica que describen un mismo fenómeno natural. Independientemente de aspectos formales y metodológicos, llegan a la misma conclusión. La mecánica analítica (analítica en el sentido matemático de la palabra y no filosófico). Sus métodos son poderosos y trascienden de la Mecánica a otros campos de la física. Se puede encontrar el germen de la mecánica analítica en la obra de Leibniz que propone para solucionar los problemas mecánicos otras magnitudes básicas (menos oscuras según Leibniz que la fuerza y el momento de Newton), pero ahora escalares, que son: la energía cinética y el trabajo. Estas magnitudes están relacionadas de forma diferencial. La característica esencial es que, en la formulación, se toman como fundamentos primeros principios generales (diferenciales e integrales), y que a partir de estos principios se obtengan analíticamente las ecuaciones de movimiento.

Contenidos:

- Formulación lagrangiana.
- Principios variacionales.
- Leyes de conservación.

- Campo central.
- Oscilaciones.
- Cuerpo rígido.
- Formulación hamiltonianas.
- Transformaciones canónicas.
- Teoría de Hamilton-Jacobi.
- Variables de acción y ángulo.
- Teoría de perturbaciones y sistemas no integrables.

Índice Temático:

1. Introducción (repaso de mecánica newtoniana): Ecuaciones diferenciales. Espacio fase. Puntos fijos. Ciclos límite. Análisis cualitativo de sistemas mecánicos en el espacio fase. Mecánica de sistemas con N partículas. Energía, momento lineal, momento angular. Concepto de caos. Ejemplos.
2. Formulación lagrangiana: Coordenadas generalizadas Problemas con constricciones holonómicas y no holonómicas Ecuaciones de Euler-Lagrange. Covariancia. Principio de D'Alembert. Trabajos virtuales. Ejemplos.
3. Principios variacionales: Cálculo de variaciones. Principios de Hamilton y Fermat. Equivalencia con la formulación lagrangiana. Ejemplos.
4. Leyes de conservación: Integrales de movimiento. Simetrías y cantidades conservadas. Teorema de Noether. Ejemplos.
5. Campo central: Formulación Lagrangiana. Problema de Kepler. Dispersión. Ejemplos.
6. Oscilaciones: Oscilaciones pequeñas (lineales). Modos normales. Límite de sistemas continuos: introducción a campos clásicos. Oscilaciones no lineales. Ejemplos.
7. Cuerpo rígido: Sistemas de referencia no inerciales. Fuerza de Coriolis. Transformaciones ortogonales. Teorema de Euler. Rotaciones. Dinámica de cuerpo rígido. Ejemplos.
8. Formulación hamiltoniana: Espacio Fase. Transformada de Legendre. Estructura Simpléctica. Función Hamiltoniana. Ecuaciones de Hamilton. Paréntesis de Lagrange y de Poisson. Simetrías. Teoremas de Liouville y de recurrencia de Poincaré. Ejemplos.
9. Transformaciones canónicas: Preservación de la estructura simpléctica. Funciones generadoras. La evolución temporal como una transformación canónica. Ejemplos.

10. Teoría de Hamilton-Jacobi: La ecuación de Hamilton-Jacobi. Separación de variables. Solución completa. Ejemplos.
11. Variables de acción y ángulo: Sistemas totalmente integrables. Sistemas no integrables. Ejemplos.
12. Teoría de perturbaciones y sistemas no integrables: Expansión en serie. Resonancias y denominadores pequeños. Invariancia adiabática. Discusión cualitativa del teorema de Kolmogorov, Arnold y Moser. Introducción al caos en sistemas hamiltonianos. Ejemplos: mapeos que preservan el área, el oscilador no lineal forzado.

Bibliografía Básica:

- Goldstein, H. A., Classical Mechanics, 2a edición , Addison-Wesley, 1980
- Landau, L. D. and Lifshitz, E. M., Mechanics, Pergamon Press.
- Jorge V. José y Eugene J. Saletan, Classical dynamics: a contemporary approach. Cambridge U. P., 1998
- Neil Rasband S., Dynamics. John Wiley and Sons, 1983.

Bibliografía Complementaria:

- Arnold, V. I. Mathematical methods of classical mechanics, 2a edición. Springer Verlag, 1989.
- Matzner, R. A. and Shepley, L. S. Classical mechanics, Prentice Hall, 1991.

Planeación educacional

Resultados de aprendizaje	**Actividades educacionales**	**TETEH**	**Evaluación**
Formulación Lagrangiana. Principios variacionales.	Teóricas, Practicas (7T + 3P= 10 hrs.) Autoestudio	10 14	Examen escrito, tareas, participación.
Leyes de conservación.	Teóricas, Practicas (18T+8P= 26 hrs.)	26	Examen escrito, tareas,

Campo central.	Autoestudio	20	participación.
Oscilaciones. Cuerpo rígido.	Teóricas, Practicas (12T+6P= 18 hrs.) Autoestudio	18 18	Examen escrito, tareas, participación.
Formulación hamiltoniana. Transformaciones canónicas.	Teóricas, Practicas (12T+6P=18 hrs.) Autoestudio	18 18	Examen escrito, tareas, participación.
Teoría de Hamilton-Jacobi. Variables de acción y ángulo. Teoría de perturbaciones y sistemas no integrables.	Teóricas, Practicas (12T+8P=18 hrs.) Autoestudio	18 18	Examen escrito, tareas, participación.

Tiempo total de trabajo del estudiante: (61+29) horas presenciales + (88) horas de autoestudio =178 hrs.

Número de Créditos= 10

Métodos Matemáticos

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: Ninguno

Clave: **AFB-2**

Asignatura: Básica

Descripción de la asignatura: Proporcionar las herramientas de la física-matemática, a través del estudio de temas fundamentales como Vectores y Tensores, Matrices y Operadores, los métodos de solución de Ecuaciones Diferenciales, Funciones Especiales y Transformadas Integrales, Teoría de Grupos, Distribuciones, Variable Compleja en un enfoque hacia las técnicas matemáticas útiles en cálculo y análisis en los diversos campos de la física teórica moderna. Haciendo énfasis en el análisis de las interrelaciones de las ecuaciones con las propiedades físicas de los sistemas en estudio. Se familiariza al estudiante con las ideas y conceptos estudiados, haciendo una gran cantidad de demostraciones y ejercicios con aplicaciones a sistemas físicos concretos.

Contenidos

- Vectores y Tensores. Matrices y Operadores,
- Teoría de Grupos y Simetrías.
- Teoría de Funciones Generalizadas (Distribuciones).
- Variable Compleja.
- Causalidad y Relaciones de Dispersión. Aplicaciones.

Temario Propuesto

1. Vectores y Tensores. Matrices y Operadores: Vectores. Sistemas de coordenadas. Tensores. Rango de Tensor. Símbolo de Kronecker. Tensor anti simétrico épsilon. Matrices. Algebra de matrices. Determinante. Trazas. Matriz unidad. Matriz transpuesta. Matriz inversa. Cofactores. Matrices hermíticos y unitarias. Transformación de similitud. Diagonalización de una matriz cuadrada. Eigenvalores de una matriz. Ejemplos (matrices de Pauli, matrices para spin 1 en varias bases). Ejemplos de cálculos de matrices en programa MATEMATICA. Operadores. Conmutadores y anti conmutadores. Algebra de conmutadores. Conjugación hermética. Operadores hermíticos. Teorema de eigenvalores de un operador hermético. . Ortogonalidad.

2. Teoría de Grupos y Simetrías. Definiciones de grupo y de algebra. Representaciones de grupo. Algebra de Lie. Grupos discretos y continuos. Subgrupos. Generadores. Ejemplos. Los grupos O(3) y SU(2). Espinores puntados y nopuntados. Homo- e isomorfismo de grupos. Grupo de Lorentz y SL(2,c). Generadores de “boost”. Grupo SU(2)xSU(2). Representación (J,0)+(0,J). Paridad (inversión de espacio). Aplicaciones (la ecuación de Dirac y sus soluciones). Operadores de proyección. Matrices gamma para espín 1/2 y espin 1. Algebra de Clifford. Relación con las ecuaciones de Maxwell. Grupo de Poincaré. Generadores de translación. Generadores en forma con derivadas. Simetrías discretas. Grupo de Poincaré extendido. Seis clases de vectores de base. Vector de Pauli y Lubanski. Operadores de Casimir. Transformaciones de tensores. Función de Lagrange. Ecuación de Lagrange y Euler. 4-divergencia. Derivada variacional. Variación de forma. Teorema de Noether. Invariantes dinámicos (integrales de movimiento). Tensor de energía-momento, vector de corriente, tensor de momento angular y espín. Ejemplos.

3. Teoría de Funciones Generalizadas (Distribuciones). Delta-función. Delta-función como límite de una función. Espacio de funciones de prueba. Soporte. Soporte compacto. Convergencia en D. Definición de funcional lineal y distribución. Funciones localmente integrables y su conexión con la distribución. Valor principal de Cauchy. Operaciones con distribuciones. Linealidad. Translación y Reflexión. Diferenciación. Función de Heaviside. Función épsilon. Sus derivadas. Ejemplos de diferenciación. Pseudofunción. Convergencia de distribuciones. Función de “sawtooth”. Formula de Poisson. Producto de distribuciones. Derivada del producto. Producto directo. Soporte del producto directo. Convolución. Ejemplos. Soporte de convolución. Transformada de Fourier y Espacio de funciones

rápidamente decrecientes L. Convergencia en L. Formulas útiles con derivadas. Distribución de crecimiento polinomial. Propiedades. Soporte acotado de distribuciones. Transformada de Fourier de delta. Sus derivadas. Transformadas de Fourier de 1, de P (1/t). Transformada de Fourier de convolución. Funciones Delta+ y Delta+.

4. Variable Compleja. Números complejos. Conjugación y valor absoluto. Suma, producto y división. Formas trigonométricas y exponenciales. Potencias y raíces. Esfera de Riemann. Función compleja de variable compleja. Funciones elementales de variable compleja. Funciones analíticas. Derivada. Regla de Cauchy y Riemann. Integral de una función compleja. Formula integral de Cauchy. Series y secuencias. Series de Taylor. Series de Laurent. Clasificación de puntos singulares. Residuos. El teorema de residuos. Principio de continuidad analítica. El principio de Schwartz de reflexión. Funciones inversas. Superficies de Riemann. Polos, ceros y puntos de ramas. Mapeos conformes.

5. Causalidad y Relaciones de Dispersión. Aplicaciones. Oscilaciones libres. Oscilador armónico bajo fuerzas externas. Solución estacionaria. Solución general. Función de Green. Causalidad y analiticidad. Propagación de luz en un medio dieléctrico. Teorema de Titchmarsch. Relación de Kramers y Kronig. Teorema óptico.

Bibliografía Básica

- N. Bronshtein and K. A. Semendyayev, Handbook of Mathematics 3a Edición (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1998).
- S. Barnett, Matrices: Methods and Applications (Clarendon Press, Oxford, 1990).
- M. Hamermesh, Group Theory and its Application to Physical Problems (Dover, NY,1989).
- O. Barut y R. Raczka, Theory of Group Representations and Applications (Polish Scientific Pubs, Warszawa, 1972).
- J. Hladik, Spinors in Physics (Springer-Verlag, NY, 1999).

Bibliografía Complementaria:

- L. Ryder, Quantum Field Theory (Cambridge University Press, Cambridge, 1985). Cap. 2.

- O. Barut, Electrodynamics and Classical Theory of Fields and Particles (Dover, NY, 1980).
- H. M. Nussenzveig, Causality and Dispertion Relations (Academic Press, NY and London, 1972).
- M. A. Lavrentiev y B. V. Shabat, Metodos de Teoría de Funciones de Variable Compleja. 4ª Edición (Mir, Moscu).

Planeación educacional

Resultados de aprendizaje	**Actividades educacionales**	**TETEH**	**Evaluación**
Vectores, Tensores, Matrices y Operadores	Teóricas, Practicas (7T + 3P= 10 hrs.) Autoestudio	10 14	Examen escrito, tareas, participación.
Teoría de Grupos y Simetrías	Teóricas, Practicas (18T+8P= 26 hrs.) Autoestudio	26 20	Examen escrito, tareas, participación.
Teoría de Funciones Generalizadas	Teóricas, Practicas (12T+6P= 18 hrs.) Autoestudio	18 18	Examen escrito, tareas, participación.
Variable Compleja	Teóricas, Practicas (12T+6P=18 hrs.) Autoestudio	18 18	Examen escrito, tareas, participación.
Causalidad y Relaciones de Dispersión	Teóricas, Practicas (12T+8P=18 hrs.) Autoestudio	18 18	Examen escrito, tareas, participación.

Tiempo total de trabajo del estudiante: (61+29) horas presenciales + (88) horas de autoestudio =178 hrs.

Número de Créditos= 10

Electrodinámica

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: Ninguno

Clave: **AFB-3**

Asignatura: Básica

Descripción de la asignatura. El objetivo de este curso es dar los principios fundamentales de la electrodinámica clásica. Se revisara de manera más profunda los conceptos básicos que se estudian en curso de electromagnetismo y electrodinámica precedentes, inclusive desde una matemática diferente, poniendo énfasis en las ideas que dieron lugar a la unificación eléctrica y magnética, su relación con fuentes materiales y su interacción con la materia. También se da una descripción de la interacción campos-materia. Se hace énfasis en la solución de problema y en el desarrollo matemático.

Contenidos:

- Las ecuaciones de Maxwell
- Electrostática
- El campo magnético.
- Leyes de conservación
- Ondas electromagnéticas
- Campos de cargas en movimiento
- Formulación covariante
- Las ecuaciones de Maxwell en medios materiales
- La función dieléctrica

Índice Temático:

1. Las ecuaciones de Maxwell: El concepto de campo. Las ecuaciones de Maxwell en el vacío. Los potenciales electromagnéticos. Ecuaciones para los potenciales electromagnéticos. Conservación de la carga e invariancia de norma.
2. Electrostática: Las ecuaciones de Laplace y Poisson. Teorema de unicidad. Solución del problema electrostático con condiciones de frontera con la ayuda de la función de Green. Momentos multipolares de una distribución de cargas. Energía del campo electrostático.
3. El campo magnético: La ley de Biot-Savart. La ley de Ampere. Potencial vectorial. Momentos multipolares de una distribución de corrientes. La ley de inducción. Coeficientes de autoinducción e inducción mutua. Energía del campo magnético.
4. Leyes de conservación: El teorema de Poynting. El tensor de esfuerzos de Maxwell. El momento angular.
5. Ondas electromagnéticas: La ecuación de onda para los campos y los potenciales. Ondas planas. Polarización. Ondas no monocromáticas. Descomposición espectral. El problema de las condiciones iníciales. Propagación de pulsos.
6. Campos de cargas en movimiento: La ecuación de onda con fuentes. Función de Green de la ecuación de onda. Potenciales retardados. Radiación de sistemas simples. Radiación de antenas. Radiación de una partícula puntual en movimiento. Distribución angular y espectral de la radiación. Desarrollo multipolar del campo de radiación.
7. Formulación covariante: Transformación de fuentes, potenciales y campos. Ecuaciones de Maxwell en forma covariante. Invariantes y leyes de conservación. Formulación lagrangiana.
8. Las ecuaciones de Maxwell en medios materiales: Las ecuaciones de Maxwell microscópicas.
9. El concepto de campo promedio: Definición de los campos materiales y las ecuaciones constitutivas. La deducción de las ecuaciones macroscópicas. Contribuciones multipolares a los campos materiales*.
10. La función dieléctrica: El concepto de tensor dieléctrico. Dispersión temporal, causalidad y propiedades analíticas de la función dieléctrica. Su relación con la susceptibilidad y la conductividad.
11. El modelo de Drude: La relación de Clausius-Mossotti.

Bibliografía Básica:

- J. D. Jackson, Classical electrodynamics, 3nd. Edition. Wiley, 1999.
- Greiner W., Classical electrodynamics, Springer, 1991.
- David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, Prentice-Hall, 1999.

Bibliografía Complementaria:

- L. Eyges. The Classical Electromagnetic Field, Dover Publications Inc.
- L. D. Landau and E. M. Lifshitz, The classical theory of fields (Course of theoretical physics), 4th edition, Butterworth-Heinemann (1995).
- J. Vanderlinde, J., Classical electromagnetic theory (Fundamental Theories of Physics), Wiley, New York, 1993.

Planeación educacional

Resultados de aprendizaje	**Actividades educacionales**	**TETEH**	**Evaluación**
Ecuaciones de Maxwell. Electrostática.	Teóricas, Practicas (7T + 3P= 10 hrs.) Autoestudio	16 16	Examen escrito, tareas.
Campo magnético. Leyes de conservación	Teóricas, Practicas (18T+8P= 26 hrs.) Autoestudio	20 18	Examen escrito, tareas.
Ondas electromagnéticas. Campos de cargas en movimiento. Formulación covariante.	Teóricas, Practicas (12T+6P= 18 hrs.) Autoestudio	18 18	Examen escrito, tareas. Participación

Las ecuaciones de Maxwell en medios materiales. Campo promedio.	Teóricas, Practicas (12T+6P=18 hrs.) Autoestudio	18 18	Examen escrito, tareas. Participación.
Función dieléctrica. Modelo de Drude.	Teóricas, Practicas (12T+8P=18 hrs.) Autoestudio	18 18	Examen escrito, tareas. Participación.

Tiempo total de trabajo del estudiante: (61+29) horas presenciales + (88) horas de autoestudio =178 hrs.

Número de Créditos= 10

Mecánica Cuántica

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: Ninguno

Clave: **AFB-4**

Asignatura: Básica

Descripción de la asignatura: Un cambio revolucionario en el entendimiento de los fenómenos microscópicos tomó lugar durante los primeros 30 años del siglo XX y que no tiene precedente en la historia de las ciencias naturales. La validez de la teoría clásica mostraba serias limitaciones, y es así como surge una teoría alternativa que remplaza la física clásica en el mundo microscópico y con una rica aplicabilidad, cuyos resultados son evidentes en la vasta de la tecnología de materiales y de la electrónica, así como en el entendimiento de los constituyentes fundamentales de la materia, durante la segunda mitad del siglo XX. Se pretende un conocimiento, manejo y uso del razonamiento inductivo-deductivo como forma de pensamiento para poder comprender conceptos como: Estado cuántico de un sistema y sus representaciones, medida, observables e incertidumbre en mecánica cuántica, Evolución de un estado cuántico, momento angular y espin. Además de que manera directa impacta en el estudio del Estado sólido, de la Física Estadística avanzada y del estudio de Partículas elementales y altas energías.

Contenidos:

- Fundamentos Conceptuales.
- Dinámica Cuántica.
- Teoría general del momento angular.
- Métodos de aproximación.

- Partículas idénticas.
- Teoría de dispersión.

Índice Temático:

1. Fundamentos Conceptuales: El experimento de Stern-Gerlach. Herramientas matemáticas: Kets, Bras y operadores. Bases y representaciones matriciales. Medida, observables y relaciones de incertidumbre. Cambios de base. Posición, momento y traslación. Función de onda en el espacio de posiciones y de momentos.
2. Dinámica Cuántica: Evolución temporal y la ecuación de Schrödinger. El marco de Schrödinger y el Marco de Heisenberg. Partícula libre y potenciales constantes a tramos. El oscilador armónico. El átomo de hidrógeno.
3. Teoría general del momento angular: Rotaciones y relaciones de conmutación del momento angular. Sistemas de espin ½. Eigenvalores y eigenestados del momento angular. Momento angular orbital. Adición del momento angular.
4. Métodos de aproximación: Teoría de perturbaciones independientes del tiempo. Átomos hidrogenoides. Método variacional. Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo. Aplicaciones a interacciones con radiación.
5. Partículas idénticas: Simetrización. Sistema de dos electrones.
6. Teoría de dispersión: La ecuación de Lippmann-Schwinger. La aproximación de Born. Método de ondas parciales. Partículas idénticas y dispersión.

Bibliografía Básica:

- Modern Quantum Mechanics (2nd Edition) (Hardcover) by J. J. Sakurai
- Quantum Mechanics (International Pure & Applied Physics Series) (Hardcover) by L. I. Schiff.

Bibliografía Complementaria:

- Quantum Mechanics (2 vol. set) (Paperback) by Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu, Frank Laloe.

- Quantum Physics (Hardcover) by Stephen Gasiorowicz.
- Introduction to Quantum Mechanics (2nd Edition) (Hardcover) by David J. Griffiths
- Quantum Mechanics (Hardcover) by Eugen Merzbacher.
- Introductory Quantum Mechanics (4th Edition) (Hardcover) by Richard Liboff .

Planeación educacional

Resultados de aprendizaje	**Actividades educacionales**	**TETEH**	**Evaluación**
Fundamentos conceptuales Dinámica Cuántica	Teóricas, Practicas (12T + 8P= 20 hrs.) Autoestudio	20 20	Examen escrito, tareas.
Teoría general del momento angular	Teóricas, Practicas (12T+8P= 20 hrs.) Autoestudio	20 20	Examen escrito, tareas.
Métodos de aproximación	Teóricas, Practicas (15T+10P=25 hrs.) Autoestudio	25 23	Examen escrito, tareas. Exposición.
Partículas idénticas. Teoría de dispersión	Teóricas, Practicas (15T+10P=25 hrs.) Autoestudio	25 24.5	Examen escrito, tareas. Exposición.

Tiempo total de trabajo del estudiante: (54+36) horas presenciales + (88) horas de autoestudio =178 hrs.

Total créditos: 10

Física estadística

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: Ninguno

Clave: **AFB-5**

Asignatura: Básica

Descripción de la asignatura: Lograr que los alumnos comprendan los fundamentos de la Física Estadística clásica y cuántica y sepan aplicarla a la resolución de problemas en sistemas físicos. Adicionalmente, que el estudiante tenga los conocimientos mínimos para acceder a problemas actuales de física estadística, y que sea capaz de aplicarlos a problemas accesibles.

Contenidos:

- Introducción y revisión de la termodinámica.
- Fundamentos de la física estadística.
- Aplicaciones a sistemas simples y con interacción.
- Estadísticas cuánticas y sus propiedades.
- Sistemas cuánticos ideales.
- Transiciones de fase.
- Fluctuaciones y procesos aleatorios.

Índice Temático:

1. Introducción y revisión de la termodinámica: Definiciones fundamentales: Ley cero y uno de la termodinámica. La segunda ley. Máquinas de Carnot y

temperatura termodinámica, entropía. Equilibrio y potenciales termodinámicos. Condiciones de estabilidad y tercera ley de la termodinámica.

2. Probabilidad: Definiciones generales. Variables azarosas Distribuciones probabilísticas. Suma de variables azarosas y el teorema del límite central, Reglas para números grandes, Información, entropía y problemas de estimación. Conteo de estados.

3. Fundamentos de la física estadística: Principio de equiprobabilidad. Conjunto micro canónico, canónico y gran canónico. Otros conjuntos. Funciones de partición y gran función de partición. Maximización de la función de partición. Espacio fase. Teorema de equipartición. Otros conjuntos. Fluctuaciones. Distintas estadísticas.

4. Aplicaciones a sistemas simples y con interacción: Sistemas simples: Gas ideal, molécula biatómica, Cristales. Sólido de Einstein y Debye, Modelo de Ising en una dimensión, Paramagnetismo. Sistemas con interacción: Ferromagnetismo, Fluido de van der Waals, Gases densos y líquidos, Gases imperfectos, Desarrollo del virial, Funciones de Mayer. Introducción teoría de cúmulos.

5. Estadísticas cuánticas y sus propiedades: Estadísticas cuánticas. Fermiones y bosones. Estadística de Bose-Einstein. Estadística de Fermi-Dirac. Gas cuántico ideal. Limite clásico. Matriz de densidad.

6. Sistemas cuánticos ideales: Gas de Fermi. Energía de Fermi. Limite de baja temperatura. Entropía y capacidad calorífica a bajas temperaturas. Paramagnetismo de Pauli. Diamagnetismo de Landau. Gas de Bose. Condensación Bose-Einstein. Radiación de cuerpo negro. Fonones. Ondas de espín.

7. Transiciones de fase: Transiciones de fase y teoría de campo medio. Comportamiento critico.

8. Transiciones de fase continuas: Renormalización en una dimensión. Aplicaciones de renormalización.

9. Fluctuaciones y procesos aleatorios: Fluctuaciones en las variables termodinámicas. Distribución de probabilidad de las fluctuaciones. Fluctuaciones en puntos críticos. Ruido térmico. Movimiento Browniano. Variables aleatorias y ecuación de Langevin. Teorema fluctuación disipación. Difusión simple. Difusión en campos externos. Problema de Kramers. Ecuaciones de difusión generalizadas.

Bibliografía Básica:

- R. K. Pahtria, Statistical mechanics, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1996.
- L. D. Landau, E. M. Lifshitz y L. P. Pitaevskii, Statistical physics, Pergamon Press, 1980.
- G. F. Mazenko, Equilibrium statistical mechanics, Wiley-Interscience, 2000.
- L. E. Reichl, A modern course in statistical mechanics, John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- L. P. Kadanoff, Statistical physics, World Scientific, Singapore, 2000.

Bibliografía Complementaria:

- K. Huang, Statistical mechanics, John Wiley & Sons, Inc., 1987.
- D. A. MacQuarrie, Statistical mechanics, Harper and Row, 1976.
- R. Kubo, Statistical mechanics, North Holland, 1988.
- H. B. Callen, Thermodynamics and an introduction to thermostatistics, John Wiley & Sons, Inc., 1985.

Planeación Educacional

Temas de estudio	Actividades educacionales	TETEH	Evaluación
Definiciones fundamentales.	Teóricas y Prácticas (6 Hrs y 2Hrs) Autoestudio 8 Hrs	8 8	Tareas
Definiciones generales.	Teóricas y Prácticas (6 Hrs y 2Hrs) Autoestudio 8 Hrs	8 8	Tarea y Examen escrito (Se evalúan T1 y T2)
Principio de equiprobabilidad. Conjunto micro canónico, canónico y gran canónico. Otros conjuntos.	Teóricas y Prácticas (14 Hrs y 4Hrs) Autoestudio 10 Hrs	18 10	Tareas
Aplicaciones a sistemas simples y	Teóricas y Prácticas (14 Hrs y	18	Tarea y Examen escrito (Se

con interacción.	4Hrs) Autoestudio 20 Hrs	20	evalúan T3 y T4)
Estadísticas cuánticas y sus propiedades. Sistemas cuánticos ideales.	Teóricas y Prácticas (14 Hrs y 4Hrs) Autoestudio 20 Hrs	18 20	Tarea y Examen escrito (Se evalúan T5 y T6)
Transiciones de fase. Transiciones de fase continuas. Fluctuaciones y procesos aleatorios:	Teóricas y Prácticas (16 Hrs y 4Hrs) Autoestudio 22 Hrs	20 22	Tarea y Examen escrito (Se evalúan T7, T8 y T4)

Tiempo total de trabajo del estudiante: (70+20) horas presenciales + (88) horas de autoestudio = 178 Hrs.

Total de créditos 10.

Laboratorio de Física Contemporánea

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 0

Practica: 5

Requisitos: Ninguno

Clave: **AFB-6**

Asignatura: Básica

Descripción de la asignatura: Enseñar al estudiante a medir, en laboratorios de investigación, los parámetros asociados a un fenómeno físico. Para esto el estudiante debe ser entrenado adecuadamente en diversas técnicas experimentales, así como en técnicas de procesamiento de datos que se utilizan actualmente en laboratorios de investigación. El Comité Académico decidirá el número de prácticas que se realizaran durante el curso. Los estudiantes realizaran sus prácticas en los Laboratorios de la UAF-UAZ.

Contenidos

- Tratamiento de datos.
- Crecimiento de materiales.
- Caracterización de materiales.
- Espectroscopias foto-térmicas.
- Metrología óptica.

- Espectroscopias ópticas.
- Ingeniería óptica.

Temario Propuesto:

1. Tratamiento de datos. Introducción general a la teoría de errores. Análisis gráfico. Correlación y regresión lineal. Ajuste de datos: Análisis de regresión no lineal. Análisis avanzado: Calidad del ajuste.
2. Practica en el Laboratorio de Crecimiento de materiales.
3. Practica en el Laboratorio de Caracterización de materiales.
4. Practica en el Laboratorio de Espectroscopias foto-térmicas.
5. Practica en el Laboratorio de Metrología óptica.
6. Practica en el Laboratorio de Espectroscopias ópticas
7. Practica en el Laboratorio de Ingeniería óptica.

Bibliografía Básica:

- Design and Analysis of Experiments, Douglas C. Montgomery, John Wiley & Sons. N.Y.
- Optical Proceses in Semiconductors, J.I. Pankove, Dover, 1975.
- Laboratory Notes in Electrical and Galvanomagnetic Measurement (Materials Science), H.H. Wieder, Elsevier Science, 1979.
- Principles and application of thermal analysis, Paul Gabbott, Wiley Blackwell, 2007.

Planeación educacional

Resultados del Aprendizaje	Actividades Educacionales	Tiempo estimado del trabajo del estudiante	Evaluación

		en horas	
Tratamiento de datos	Introducción general a la teoría de errores. Análisis gráfico. Correlación y Regresión lineal. Ajuste de datos. Análisis de regresión no lineal. Análisis avanzado. Calidad del ajuste. (6T+6P=12 hrs.)	12	• Asistencia. • Participación. • Reporte. • Defensa del reporte.
Practica en el Laboratorio de Crecimiento de materiales.	Obtención de películas delgadas empleando técnicas químicas. Obtención de películas delgadas empleando técnicas físicas. (3T+9P=12 hrs.)	12	1. Asistencia. 2. Participación. 3. Reporte. 4. Defensa del reporte.
Practica en el Laboratorio de Caracterización de materiales.	Caracterización estructural de películas y materiales por difracción de rayos x. Caracterización óptica de películas y materiales por espectroscopias elipsometrica y uv-vis. Caracterización eléctrica de películas y materiales. (3T+9P=12 hrs.)	12	I. Asistencia. II. Participación. III. Reporte. IV. Defensa del reporte.
Practica en el Laboratorio de Espectroscopias foto-térmicas.	Caracterización de las propiedades térmicas de materiales en estado liquido. (3T+9P=12 hrs.)	12	• Asistencia. • Participación. • Reporte. • Defensa del reporte.
Practica en el Laboratorio de	Implementación y aplicaciones de la técnica de interferometría holográfica	12	1. Asistencia. 2. Participación.

Metrología óptica.	digital. (3T+9P=12 hrs.)		3. Reporte. 4. Defensa del reporte.
Practica en el Laboratorio de Espectroscopias ópticas.	Caracterización de sistemas empleando espectroscopias infrarrojo y Raman. (3T+9P=12 hrs.)	12	❖ Asistencia. ❖ Participación. ❖ Reporte. ❖ Defensa del reporte.
Practica en el Laboratorio de Ingeniería óptica.	Implementación y aplicaciones de las técnicas de medición radiometricas y fotométricas. (3T+9P=12 hrs.)	12	1. Asistencia. 2. Participación. 3. Reporte. 4. Defensa del reporte.
Practica en el Laboratorio de Biofisica	Introducción a las técnicas de ánalisis en biología de sistemas. (3T+9P=12 hrs.)	12	1. Asistencia. 2. Participación. 3. Reporte. 4. Defensa del reporte.

Tiempo total de trabajo del estudiante: (27+69) horas presenciales.

Número de Créditos= 5

ANEXO C

Asignaturas de

Formación Específica

Física del Estado Sólido

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-1**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura. Presentar los fundamentos sobre los diferentes fenómenos físicos que se dan en los sólidos. En particular, que se tenga conocimiento de cómo la bastedad de átomos confabula para dar origen a los sorprendentes y variados fenómenos físicos en un sólido.

Contenidos:

- Introducción.
- Excitaciones elementales.
- Estructura y enlaces en sólidos.
- Teoría de bandas.
- Semiconductores.
- Defectos y difusión.
- Aislantes y sus propiedades.
- Dispositivos semiconductores.
- Más sobre excitaciones elementales.
- Magnetismo.

Índice Temático:

1. Introducción. Teorías y modelos en la física del estado sólido. Aproximaciones al problema de muchos cuerpos. Fenómenos colectivos. Fenómenos emergentes: Física de partículas y vacío.

2. Excitaciones elementales. Fonones y el gas de Fermi. Capacidad calorífica de aislantes y metales. Aproximación semiclásica del transporte electrónico. Apantallamiento y teoría de Thomas-Fermi. Conductividad óptica de metales.

3. Estructura y enlaces en sólidos. Variedad de estados de la materia. Tipos de enlaces. Sólidos periódicos. Estructura y enlaces. Rayos X y espacio reciproco.

4. Teoría de bandas. Aproximación de un solo electrón. Potencial periódico y el teorema de Bloch. Modelo de Kronig-Penney. Aproximación de electrones casi-libres. Aproximación de amarre fuerte. Estructura de bandas de materiales reales: conductor, semiconductor y aislante.

5. Semiconductores. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. Estadística de electrones y huecos. Energía de ionización de impurezas. Estadística de semiconductores extrínsecos. Unión pn.

6. Defectos y difusión. Condiciones termodinámicas para el equilibrio. Defectos de la red. Entropía configuracional. Difusión.

7. Aislantes y sus propiedades. Teoría de campo local. Relación de Clasussius-Mossotti. Teoría de Polarizabilidad. Modos ópticos en cristales iónicos. Propiedades ópticas de cristales iónicos. Aislantes covalentes.

8. Dispositivos semiconductores. LED, Celda solar, láser semiconductor, y transistor de efecto de campo.

9. Más sobre excitaciones elementales: Gas de electrones en interacción: Plasmones. Interacción electrón-hueco: Excitones. Interacción espín-espín: Magnones. Interacción electrón-fonón: Polarones.

10. Magnetismo. Diamagnetismo y paramagnetismo. Origen de interacciones magnéticas. Ferromagnetismo y anti ferromagnetismo. Interacciones de intercambio magnéticas. Ondas de espín. Magneto resistencia gigante y colosal.

11. Tópicos especiales (Opcional). Superconductividad: Teoría BCS. Termodinámica y transporte. Invarianza de norma. Teoría Landau-Ginzburg. Electrodinámica. Desorden: Localización de Anderson. Transición metal-aislante. Efectos de interacción. Efecto Kondo. Efecto Hall cuántico y sistemas electrónicos correlacionados. Físicas de sistemas de baja dimensión: Sistemas 1D y 2D. Física de superficies.

Bibliografía

- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid state physics, Holt, Rinehart and Winston, 1976.
- C. Kittel, Introduction to solid state physics, John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- J. M. Ziman, Principles of the theory of solids, John Wiley & Sons, Inc., 1976.
- M. A. Omar, Elementary solid state physics: principle and applications, Addison-Wesley, 1975.

Física de Semiconductores

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-2**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura. Dar a conocer una descripción detallada de la física básica de semiconductores así como una amplia variedad de importantes fenómenos físicos presentes en estos, de los simples a los avanzados. Adicionalmente, presentar tópicos recientes de estructuras cuánticas semiconductoras tales como gases bidimensionales de electrones, transporte balístico, efecto Hall cuántico y bloqueo de Coulomb.

Contenidos:

- Estructura de bandas de semiconductores.
- Estructura de bandas y resonancia ciclotrón.
- Aproximación de masa efectiva.
- Propiedades ópticas.
- Transporte electrónico e interacción electrón-fonón.
- Fenómenos de magneto-transporte.
- Estructuras cuánticas.

Índice Temático:

1. Estructura de bandas de semiconductores. Modelo de electrón libre. Teorema de Bloch. Aproximación de electrones casi libres. Esquema de zona reducida. Método de pseudopotenciales. Perturbación k·p.

2. Estructura de bandas y resonancia ciclotrón. Resonancia ciclotrón. Análisis de bandas de valencia. Interacción espín-órbita. No parabolicidad de la banda de conducción. Movimiento de electrones en un campo magnético y niveles de Landau.

3. Aproximación de masa efectiva. Funciones de Wannier. Aproximación de masa efectiva. Impurezas intertisiales. Niveles de impurezas en semiconductores elementales.

4. Propiedades ópticas. Absorción y reflexión. Coeficiente de absorción. Transiciones indirectas. Excitones. Función dieléctrica. Potencial de deformación. Cambio de la estructura de bandas vía tensión. Espectroscopia de modulación. Dispersión Raman. Dispersión de Brillouin. Polaritones. Plasmones.

5. Transporte electrónico e interacción electrón-fonón. Vibraciones de la red. Ecuación de transporte de Boltzmann. Probabilidad de dispersión y elementos de matriz de transición. Tiempo de relajación y tasa de dispersión. Movilidad.

6. Fenómenos de magneto-transporte. Teoría fenomenología del efecto Hall. Efectos de magnetoresistancia. Efecto Shubnikov-de Haas. Resonancia magnetofononica.

7. Estructuras cuánticas. Sistemas de gases electrónicos bidimensionales. Fenómeno de transporte en gases electrónicos bidimensionales. Superredes. Fenómenos mesoscópicos.

Bibliografía básica:

- C. Hamaguchi, Basic semiconductor physics, Springer, 2001.
- P. Yu and M. Cardona, Fundamentals of semiconductors, Springer, 1996.
- O. Madelung, Introduction to solid state theory, Springer, 1978.
- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid state physics, Holt, Rinehart and Winston, 1976.
- S. M. Sze and K. K. Ng, Physics of semiconductor devices, John Wiley & Sons, Inc., 2007.

Química de materiales

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-3**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: En este curso se presentaran los aspectos básicos relacionados con la química de materiales de tal manera que el estudiante comprenda el mecanismo de las reacciones químicas y la estereoquímica de estos materiales. Además, será capaz de proponer materiales de inicio para desarrollar la síntesis de compuestos.

Contenidos:

- Estequiometria.
- Reacciones acuosas y estequiometria de soluciones.
- El enlace químico: conceptos fundamentales.
- Química de los compuestos de coordinación.
- Equilibrio químico.

Índice Temático:

1. Estequiometria. Ecuaciones químicas. Reacciones de combinación y descomposición. Formula y peso molecular. Numero de Avogadro y mol. Formula molecular obtenida de la formula empírica. Reacciones limitantes.
2. Reacciones acuosas y estequiometria de soluciones. Ecuaciones químicas y reacciones en solución acuosa. Escritura y balanceo de las ecuaciones químicas. Propiedades de las soluciones acuosas - electrolitos y no

electrolitos. Reacciones de precipitación. Reacciones ácido-base. Reacciones de oxidación-reducción.

3. El enlace químico: conceptos fundamentales. Teorías del enlace químico. El enlace iónico. Formación de iones y redes. Empaquetamiento compacto de esferas. El enlace covalente. Comparación entre los enlaces iónicos y covalente. Electronegatividad y número de oxidación. Estructura de Lewis. La regla del octeto.

4. Química de los compuestos de coordinación. El enlace metal-ligando. Compuestos complejos: química de coordinación. Teoría clásica de la coordinación de Werner. Tipos de ligados. El efecto de ligados y los ligados quelantes. Nomenclatura de los compuestos de coordinación. Geometría de los compuestos de coordinación. Isomería de los compuestos de coordinación. Teoría del campo cristalino. Color y Magnetismo.

5. Equilibrio químico I. Conceptos fundamentales. Equilibrios homogéneos, heterogéneos y múltiples. Equilibrios ácido-base. Ácidos débiles y constantes de ionización. Bases débiles y constantes de ionización. Relación entre las constantes de ionización de pares conjugados ácido-base. Ácidos dipróticos y polipróticos.

6. Equilibrio químico II. La solubilidad y el producto de solubilidad. Separación de iones por precipitación fraccionada. El efecto del ion común y la solubilidad. El pH y la solubilidad. Equilibrios de iones complejos y la solubilidad. Electroquímica y corrosión.

Bibliografía Básica:

- Química, Raymond Chang, 4ta edición, McGraw-Hill.
- Química Inorgánica, Principios y Aplicaciones, I.S. Butler, J.F. Harrod, Addison-Wesley. Fisicoquímica de superficies y sistemas dispersos, Ma. Teresa Toral. Ediciones Urmo.
- Chemistry, The Central Science, T. L. Brown, H. E. LeMay Jr., B. E. Burnsten, C. J. Murphy, 11 a, ed. Prentice Hall.

Calculo de propiedades electrónicas

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFE-1

Clave: **AFE-4**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: La posibilidad de generar corrientes eléctricas en los materiales depende de la estructura e interacción de los átomos que los componen. Los átomos están constituidos por partículas cargadas positivamente (los protones), negativamente (los electrones) y neutras (los neutrones). La conducción eléctrica de los materiales sólidos, cuando existe, se debe a los electrones más exteriores, ya que tanto los electrones interiores como los protones de los núcleos atómicos no pueden desplazarse con facilidad. Los materiales conductores por excelencia son metales, como el cobre, que usualmente tienen un único electrón en la última capa electrónica. Estos electrones pueden pasar con facilidad a átomos contiguos, constituyendo los electrones libres responsables del flujo de corriente eléctrica. En otros materiales sólidos los electrones se liberan con dificultad constituyendo semiconductores, cuando la liberación puede ser producida por excitación térmica, o aisladores, cuando no se logra esta liberación. Los mecanismos microscópicos de conducción eléctrica son diferentes en los materiales superconductores y en los líquidos. En los primeros, a muy bajas temperaturas y como consecuencia de fenómenos cuánticos, los electrones no interactúan con los átomos desplazándose con total libertad (resistividad nula). En los segundos, como en los electrólitos de las baterías eléctricas, la conducción de corriente es producida por el desplazamiento de átomos o moléculas completas ionizadas de modo positivo o negativo. Los materiales superconductores se usan en imanes superconductores para la generación de elevadísimos campos magnéticos.

Contenidos:

- Estados electrónicos.
- Estructura Electrónica de sólidos.
- Estados de volumen y superficie.
- Propiedades electrónicas de metales, semiconductores y aislantes.
- Métodos empíricos.
- Métodos de primeros principios.

Índice Temático:

1. Estados electrónicos. Mecánica cuántica. Estructura electrónica de los átomos. Estructura electrónica de moléculas pequeñas. Enlace polar simple. Moléculas diatómicas.
2. Estructura Electrónica de sólidos. Bandas de energía. Dinámica del electrón. Características de diferentes tipos de sólidos.
3. Estados de volumen y superficie.
4. Propiedades electrónicas de metales, semiconductores y aislantes.
5. Métodos empíricos. Teorema de Bloch. Modelo Tight binding. Método SGHM.
6. Métodos de primeros principios. Método LMTO. Método APW. Método LAPW-lo

Bibliografía Básica:

- Electronic structure and the properties of solids, Walter Harrison, W. H. Freeman and Company, San Francisco, USA (1989).
- Elementary Electronic Structure, Walter Harrison, World Scientific, London (1999).
- Introduction to the electronic Properties of Material, 2nd Edition, David. C. Jiles, Nelson Thornes Ltd, UK (2001).
- Theory of single and multiple interfaces: The method of surfaces Green Function Matching, Federico Garcia Moliner and Victor R. Velasco, World Scientific Publishing Co. London (1992).
- ABCofDFT, Kieron Burke and friends, http://dft.rutgers.edu/kieron/beta.

Caracterización de materiales

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFE-1

Clave: **AFE-5**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: El alumno analizará los fundamentos (aspectos físico-químicos) y aplicaciones de algunas de las técnicas de caracterización más utilizadas para determinar las propiedades físicas, químicas, estructurales, etc., de materiales, haciendo énfasis en los aspectos prácticos. Además, se ejemplificara el uso de estas técnicas, con la caracterización de algunos materiales representativos.

Contenidos:

- Propiedades estructurales.
- Propiedades térmicas.
- Propiedades eléctricas.
- Propiedades ópticas.
- Propiedades magnéticas.
- Propiedades químicas.

Índice Temático:

1. Propiedades estructurales. Técnica de rayos X. Microscopio de fuerza atómica. Microscopio de efecto Túnel.

2. Propiedades térmicas. Capacidad calorífica. Foto acústica. Análisis termo gravimétrico. Calorimetría diferencial de barrido. Análisis térmico diferencial.

3. Propiedades eléctricas. Efecto Hall. Técnica de impedancia. Conductividad. Radio frecuencia y microondas.

4. Propiedades ópticas. Técnicas de microscopía óptica. Técnica de absorción. Reflexión. Fotorreflectancia. Espectroscopia Raman. Espectroscopia Infrarroja. Fotoluminiscencia.

5. Propiedades magnéticas. Introducción a las propiedades magnéticas de los materiales. Medición de estabilidad térmica de propiedades magnéticas. Medición del loop de histéresis (Mr, Ms, S*, Hc, Mrt, SFD). Magnetización Inicial. Medición de anisotropía magnética. Medición de pérdida de histéresis rotacional.

6. Propiedades químicas. Alcances y limitaciones de las técnicas orientadas al análisis elemental. Descripción técnicas comunes en el Análisis Elemental. Revisión de los criterios en la selección de la técnica de análisis. Preparación de muestras. Interpretación de Resultados.

Bibliografía básica:

- Optical Processes in Semiconductors, Pankove, Dover publications.
- Introducción a la ciencia de materiales, J. M. Arbelia, A. M, Cintas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- The physical chemistry of solids, R.J. Borg and G. J. Dienes, Academic Press.
- Química, Raymond Chang, 4ta edición, McGraw-Hill
- Characterization techniques for semiconductor technology, Preceedings of SPIE Vol. 276, 188 (1981).
- Elements of X-Ray Difraction, Cullity B. D., Addison-Wesley, Mass., 1956.
- Laboratory Notes in Electrical and Galvanomagnetic Measurement(Materials Science), H.H. Wieder, Elsevier Science, 1979.

Óptica de Fourier

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-6**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: En este curso el alumno aprenderá a calcular e interpretar el comportamiento de sistemas ópticos a través de manipulaciones en el espacio Fourier, en particular en el espacio de frecuencia espacial. El estudiante entenderá la teoría escalar de difracción y adquirirá las herramientas necesarias para calcular patrones de difracción en el campo lejano y en el campo cercano. Aprenderá el significado físico de las frecuencias espaciales y como se puede manipular imágenes en este espacio.

Contenidos:

- Propiedades de la transformada de Fourier.
- Sistemas lineales y convolución..
- Principios de difracción escalar.
- Difracción de Fraunhoffer.
- Difracción de Fresnel.
- Transformada de Fourier con una lente.
- Formación de imágenes en sistemas coherentes e incoherentes.
- Filtraje espacial con el sistema 4f y luz coherente.
- Holografía y reconocimiento de patrones.
- Coherencia óptica.

Índice Temático:

1. Propiedades de la transformada de Fourier. Definición de la transformada de Fourier en 1-D y 2D. La transformada inversa de Fourier. Linealidad de la transformada de Fourier. Teorema de corrimiento, teorema de cambio de posición, teorema de Parseval.

2. Sistemas lineales y convolución. Definición de un sistema lineal. Superposición y la definición de la convolución. Sistemas lineales e isoplanáticos. Funciones de transferencia. Teorema de muestreo.

3. Principios de difracción escalar. La aproximación escalar. Teorema de difracción de Huygens-Fresnel. Teorema de difracción de Fresnel-Kirchhoff. Condiciones de frontera de Kirchhoff, condición de radiación de Sommerfeld. Teorema de difracción de Rayleigh-Sommerfeld.

4. Difracción de Fraunhoffer. La relación del patrón de difracción de Fraunhoffer con la transformada de Fourier. Ejemplos de patrones de difracción de Fraunhoffer: rendijas, rejillas, abertura circular. Aberturas más complicadas.

5. Difracción de Fresnel. Integrales de sino y coseno. Ejemplos de patrones de difracción de Fresnel: borde, rendija. La transformada fraccional de Fourier. Efecto Talbot.

6. Transformada de Fourier con una lente. La aproximación de una lente delgada. La función de fase de una lente delgada. La transformada de Fourier con una lente delgada.

7. Formación de imágenes en sistemas coherentes e incoherentes. Formación de imágenes como un sistema lineal. Funciones de transferencia en sistemas coherentes e incoherentes. Función de transferencia de modulación (MTF). Efecto de defoco en el MTF.

8. Filtraje espacial con el sistema 4f y luz coherente.

9. Holografía y reconocimiento de patrones. Principios de holografía. Holografía de la transformada de Fourier. Filtros de Van der Lugt. Filtraje espacial con un filtro de Van der Lugt. Reconocimiento de patrones.

10. Coherencia óptica. Grado de coherencia mutua. Efecto del grado de coherencia mutua en visibilidad de franjas de interferencia. Medición del grado de coherencia mutua en espacio y tiempo. Teorema de Van Cittert-Zernike.

Bibliografía básica:

- Goodman, J.W., Introduction to Fourier optics, McGraw-Hill, New York, 1968.

- Steward, E.G., Fourier optics: an introduction, J. Wiley and Sons, New York, 1983.
- Gaskill, J.D., Linear systems, Fourier transforms, and optics, J. Wiley and Sons, New York, 1978.
- Reynolds, DeVelis, Parrent y Thompson, The new physical optics notebook: tutorials in Fourier
- optics, S.P.I.E., Washington D.C., 1989.
- Born, M. y Wolf, E., Principles of optics, Pergamon, Oxford.

Ingeniería óptica

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-7**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura. La Ingeniería Óptica estudia la generación, detección, transmisión y manipulación de la luz para diseñar, fabricar y probar dispositivos y sistemas ópticos. La Ingeniería Óptica se aplica en sistemas de comunicación, displays, almacenamiento de datos, iluminación, monitoreo remoto, etc. Se fundamenta en la óptica geométrica, óptica física y radiometría. En este curso el estudiante aprenderá los principios básicos del diseño, fabricación y prueba de algunos dispositivos e instrumentos ópticos tradicionales.

Contenidos:

- Conceptos Básicos de Ingeniería Óptica.
- Introducción a la radiometría y Fotometría.
- Introducción a la ciencia del color.
- Introducción a la óptica de colectores y proyectores de luz.
- Análisis de Sistemas Ópticos.

Índice Temático:

1. Conceptos Básicos de Ingeniería Óptica. Introducción a la Ingeniería. Panorámica general de la Óptica.
2. Introducción a la Radiometría y Fotometría. Cantidades Radiométricas Básicas. La Radiancia y el Transporte de Energía. Radiometría de Imágenes. Radiometría de Láseres. Fotometría e Iluminación.

3. Introducción a la Ciencia del Color. Estructura del ojo humano, Funciones de respuesta visual, Efectos cromáticos de estímulo visual, Funciones de igualación de color, Valores triestímulos RGB, Coordenadas cromáticas r-g-b, Ecuaciones colorimétricas, Coordenadas cromáticas CIE 1931 (x,y,z), Iluminantes y observador estándar, Mezclas de Colores: Metámeros y sistemas de fuentes RGB.
4. Introducción a la Óptica de Colectores y Proyectores de Luz. Concentración de Luz, Lente Esférica y Lente Asférica, Lente de Fresnel, Reflector Cónico, Reflector Involuto, Tubo de Luz Cónico-Rectangular, Concentrador Parabólico Compuesto, Iluminación Kohler/Abbe, Tubos de Luz.
5. Análisis de Sistemas Ópticos. Telescopios y Microscopios. Detectores Ópticos. Espectrofotómetros. Fibras Ópticas. Sistemas de Iluminación.

Bibliografía Básica:

- W. J. Smith “Modern Optical Engineering” McGraw-Hill, 3a o 4ª Edición.
- D. Malacara, “Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications,” SPIE Press (2002).
- J. Chaves, Introduction to Nonimaging Optics, CRC Press (2008).
- E. Hecht, “Optica,” Addison Weley, 3a o 4ª Edición.

Heteroestructuras

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFE-1

Clave: **AFE-8**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura. Proporcionar una descripción detallada de los principios físicos clave de las Heteroestructuras cuánticas. Distinguir claramente entre pozos, hilos y puntos cuánticos así como las diferentes propiedades y efectos presentes en estos tanto desde el punto de vista electrónico, fonónico y óptico como del transporte.

Contenidos:

- Electrones en estructuras cuánticas.
- Estructuras cuánticas particulares.
- Vibraciones de la red en estructuras cuánticas.
- Dispersión electrónica en estructuras cuánticas.
- Transporte paralelo en estructuras cuánticas.
- Transporte perpendicular en estructuras cuánticas.

Índice Temático:

1. Electrones en estructuras cuánticas. Introducción. Pozos cuánticos: Densidad de estados, Efectos cuánticos en la parte continua del espectro electrónico. Hilos cuánticos: Función de onda y subbandas de energía, densidad de estados. Puntos cuánticos: Función de onda y niveles de energía, densidad de estados. Acoplamiento entre pozos cuánticos.

Superredes. Excitones en estructuras cuánticas. Estados ligados de Coulomb y defectos en estructuras cuánticas.

2. Estructuras cuánticas particulares. Introducción. Espectro electrónico de algunos materiales semiconductores. Estructuras pseudomorficas. Dispositivos de heterounión simple: Dopado selectivo. Estructuras cuánticas con modulación de dopado.

3. Vibraciones de la red en estructuras cuánticas. Introducción. Vibraciones de cadenas lineales de átomos. Caso tridimensional. Fonones. Vibraciones acústicas. Longitudes de onda cortas y vibraciones ópticas.

4. Dispersión electrónica en estructuras cuánticas. Dispersión elástica en sistemas electrónicos bidimensionales. Apantallamiento de un gas de electrones bidimensional. Dispersión por impurezas ionizadas remotas. Dispersión por la rugosidad de las interfaces. Interacción electrón-fonón. Fonones acústicos. Fonones ópticos. Dispersión de electrones por fonones acústicos y ópticos en: Pozos, hilos y puntos cuánticos.

5. Transporte paralelo en estructuras cuánticas. Introducción. Transporte electrónico lineal. Transporte en campos intensos: Electrones fríos, tibios y calientes, saturación de la velocidad, efecto Gunn, fonones fuera de equilibrio, efectos de tamaño de electrones calientes. Electrones calientes en estructuras cuánticas: Transporte no lineal en gases electrónicos bidimensionales, transporte no lineal en hilos cuánticos, transferencia espacio-real de electrones calientes, otros efectos de transporte en campos intensos.

6. Transporte perpendicular en estructuras cuánticas. Introducción. Tunelamiento resonante: Tunelamiento coherente y secuencial, resistencia diferencial negativa. Superredes y dispositivos balísticos de inyección: Resistencia diferencial negativa y transconductancia de dispositivos con superredes balísticas, oscilaciones de Bloch, escalera de niveles de Wannier-Stark, dispositivos balísticos de inyección. Transferencia de un solo electrón y bloqueo de Coulomb.

Bibliografía básica

- V. V. Mitin, V. A. Kochelap, and M. A. Stroscio, Quantum heterostructures: Microelectronics and optoelectronics, Cambridge University Press, 1999.
- S. M. Sze and K. K. Ng, Physics of semiconductor devices, John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- J. H. Davies, The physics of low dimensional semiconductors: an introduction, Cambridge University Press, 1998.
- S. Datta, Quantum transport: Atom to transistor, Cambridge University Press, 2005.

- C. Hamaguchi, Basic semiconductor physics, Springer, 2001.
- P. Yu and M. Cardona, Fundamentals of semiconductors, Springer, 1996.
- O. Madelung, Introduction to solid state theory, Springer, 1978.
- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid state physics, Holt, Rinehart and Winston, 1976.

Holografía digital

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFE-6

Clave: **AFE-9**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: El objetivo del curso es lograr que el alumno aprenda los principios físicos de la holografía e interferometría holográfica, además de que conozca algunas aplicaciones importantes en el campo de la metrología óptica. El estudiante aprenderá a diseñar arreglos holográficos, conocerá los procesos para digitalizar y reconstruir numéricamente hologramas, y aplicar estas metodologías para medir algunos eventos físicos.

Contenidos:

- Fundamentos ópticos de holografía.
- Grabado digital y reconstrucción numérica de campos de onda.
- Interferometría Holográfica.
- Evaluación cuantitativa de la fase de interferencia..
- Procesamiento de fase de interferencia.
- Metrología de speckle.

Índice Temático:

1. Fundamentos ópticos de holografía. Ondas de luz. Interferencia de luz. Coherencia. Teoría escalar de difracción. Speckle. Grabado holográfico y reconstrucción óptica. Elementos de los arreglos holográficos. Cámaras CCD y CMOS.

2. Grabado digital y reconstrucción numérica de campos de onda. Grabado digital de hologramas. Reconstrucción numérica por medio de la transformada de Fresnel. Reconstrucción numérica por de convolución. Otros métodos de reconstrucción numérica. Análisis ondulatorio en la holografía digital. Aplicaciones no-interferométricas de la holografía digital.

3. Interferometría Holográfica. Generación de patrones de interferencia holográficos. Vibración y el vector sensibilidad. Localización de franjas. Mediciones con interferometría holográfica.

4. Evaluación cuantitativa de la fase de interferencia. El rol de la fase de interferencia. Perturbación de interferogramas holográficos. Esqueletización de franjas. Heterodyning temporal. Evaluación por fase muestreada. Evaluación por la transformada de Fourier. Evaluación dinámica. Interferometría holográfica digital. Demodulación de fase de interferencia.

5. Procesamiento de fase de interferencia. Medición de desplazamientos. Matriz sensibilidad. Análisis en holografía de tensión y esfuerzos. Métodos híbridos. Análisis de vibración. Contorneo holográfico. Medición de contornos por medio de holografía digital. Interferometría holográfica comparativa. Medición rango de extensión. Campos de índice de refracción en medios transparentes. Detección de defectos por pruebas holográficas no destructivas.

6. Metrología de speckle. Fotografía de speckle. Electrónica e interferometría de speckle digital. Holografía de electroóptica. Shearography.

Bibliografía básica

- Optical Metrology, Kjll J. Gasvik, Ed. WILEY third edition, (2003).
- Handbook of holographic interferometry, Thomas Kreis,WILEY-VCH (2005).
- Digital Holography, Uls schnars, Werner Jueptner, Springer (2005).
- Holographic and Speckle Interferometry, R. Jones and C. Wykes, Ed. Cambridge Studies in Modern Optics, second edition (2001).
- Holographic Interferometry. Charles M. Vest,WILEY (1980).
- Óptica, Eugene Hecht, Addison Wesley, Tercera edición (2000).
- Window (ed.), Strain gauge technology, 2nd ed., London (etc.): Elselvier Applied Science, (1992).

Introducción a las espectroscopias vibracionales

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-10**

Asignatura: Especifica

Descripción de la materia: Este curso está destinado a que el alumno aprenda los fundamentos teóricos de las espectroscopias vibracionales, así como los arreglos experimentales de algunas de estas.

Contenidos:

- Fundamentos teóricos de la espectroscopía Raman e infrarrojo.
- Instrumentación Raman y FTIR.
- Análisis e interpretación de espectros Raman y FTIR.
- Simetría molecular y tablas de carácter.
- Aplicaciones de la espectroscopía Raman y FTIR.

Índice Temático:

1. Fundamentos teóricos de la espectroscopía Raman e infrarrojo: Historia. El espectro electromagnético- símbolos y unidades. Modos normales de vibración. Reglas de selección. Origen de los espectros Raman e infrarrojo. Raman versus Infrarrojo.
2. Instrumentación Raman y FTIR: Instrumentación Raman: Elementos principales. Calibración instrumental. Técnicas de medición. Problemas de fluorescencia. Técnicas experimentales en espectroscopia Raman. Microscopía Raman. Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS). Espectroscopia Raman por imagen. Instrumentación FTIR. El

espectrómetro FTIR. Resolución espectral. Elementos principales. Métodos de medición de muestras. Técnicas experimentales en espectroscopia IR. Técnicas de transmisión. Técnicas de reflectancia

3. Análisis e interpretación de espectros Raman y FTIR: Pre-procesamiento de espectros. Métodos y criterios para el análisis de espectros. Frecuencias características de grupos funcionales.
4. Simetría molecular y tablas de carácter: Operaciones y elementos de simetría. Grupos puntuales. Representación de grupos. Tablas de carácter y modos normales.
5. Aplicaciones de la espectroscopía Raman y FTIR: Aplicaciones en microbiología. Aplicaciones en medicina. Aplicaciones en el área de alimentos.

Bibliografía Básica:

- Symmetry and Spectroscopy: An Introduction to Vibrational and Electronic Spectroscopy, Daniel C. Harris Daniel C. Harris and Michael D. Bertolucci.
- Modern Spectroscopy, J. Michael Hollas, John Wiley and Sons, Ltd.
- Molecular Vibrations: The Theory of Infrared and Raman Vibrational Spectra by Edgar Bright Wilson, J. C. Decius, and Paul C. Cross.

Introducción a la Física de bajas temperatura

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFB-4, AFB-5, AFE-1

Clave: **AFE-11**

Asignatura: Especifica

Descripción de la materia: Por nuestra experiencia estamos acostumbrados a considerar que la termodinámica de los sistemas depende de manera definida y clara de las magnitudes que ayudan a caracterizarlos (volumen, temperatura, presión, etc.), y que las ecuaciones de estado que involucran a estas cantidades permanecen básicamente invariantes en un amplio margen de temperatura. La experimentación, y los avances tecnológicos respecto al proceso de enfriamiento que se desarrollaron en la primera parte del siglo XX dieron como resultado el descubrimiento de fenómenos Físicos que resultaron desconcertantes para el sentido común de los investigadores de aquellos años. Estados de la materia como la súper fluidez o la superconductividad resultaron todo un reto para la comunidad científica, y la explicación de cada uno de ellos dio el merito suficiente como para recibir el premio Nobel a quienes la dieron. A baja temperatura la naturaleza muestra sus detalles. Cualidades de la materia que a alta temperatura ni siquiera pueden ser registradas en los experimentos, a baja temperatura son determinantes para las propiedades de la Física de los sistemas. En el régimen de baja temperatura es posible que los subsistemas puedan interactuar entre sí de manera más amplia, dando lugar a un nuevo orden interno, y permitiéndonos interpretar el mundo que nos rodea de una manera más amplia.

Contenidos:

- Magnitudes termodinámicas.

- Cambios de fase de primera y segunda clase.
- Cualidades de la materia y su representación.
- Cuerpos condensados.
- Funciones de densidad.
- Súper fluidez.
- Superconductividad.
- Condensación de Bose-Einstein.
- Efecto Hall Cuántico.

Bibliografía Básica:

- A quantum approach to the solid state, Philip L. Taylor, Prentice- Hall, 1970.
- El fascinante mundo de la superconductividad, Rafael Baquero, México 2004.

Propagación de ondas en medios multicapas

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFE-1

Clave: **AFE-12**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: Estudio de la transmisión de ondas en diferentes rangos de sistemas físicos yendo del régimen electrónico hasta el electromagnético, tocando el rango acústico. El análisis se realiza bajo el formalismo de la matriz de transferencia.

Contenidos:

- Matriz de transferencia.
- Potenciales cuadrados.
- Potencial tipo delta.
- Solución numérica de la ecuación de Schrödinger.
- Transmisión y reflexión de ondas electromagnéticas en una interfaz.
- Sistema multicapas.
- Cristales fotónicos.
- Materiales izquierdos.
- Ondas acústicas.

Índice Temático:

1. Matriz de transferencia. Se discute un método matemático para el análisis de propagación de ondas en sistemas unidimensionales. La matriz de transferencia puede ser usado para el análisis de propagación de ondas de

partículas cuánticas, como electrones, ondas electromagnéticas y ondas acústicas y elásticas.

2. Potenciales cuadrados. Como se sabe la barrera de potencial rectangular representa uno de los problemas cuánticos más simples. Aquí se usará el formalismo de la matriz de transferencia para determinar los coeficientes de transmisión y reflexión. Se compararan los resultados obtenidos con este formalismo con los resultados que se obtienen con métodos más tradicionales. Se muestra además que por lo anterior el formalismo de matriz de transferencia se puede extender de manera sencilla a potenciales más complejos.
3. Potencial tipo delta. En muchas aplicaciones físicas el potencial tipo delta es muy común, por lo que se aplicara el formalismo de matriz de transferencia para resolver problemas con dicho potencial.
4. Solución numérica de la ecuación de Schrödinger. La ecuación de SchRödinger unidimensional puede ser resuelta de manera exacta en muy pocos problemas elementales. En la mayoría de las aplicaciones físicas nosotros tenemos que encontrar la solución a la ecuación de Schrödinger de manera numérica. Es por esto que discutiremos algunos algoritmos numéricos simples y discutiremos su exactitud.
5. Transmisión y reflexión de ondas electromagnéticas en una interfaz. Se investigará de manera muy básica el fenómeno de transmisión y reflexión de ondas electromagnéticas a través de la interface entre dos medios. Del requerimiento de la continuidad de las componentes de los campos eléctricos y magnéticos, y de aquí se derivará la matriz de transferencia para una interface entre dos medios.
6. Sistema multicapas. En este apartado estudiaremos la transmisión y reflexión de ondas electromagnéticas TE y TM en un slab y derivaremos la matriz de transferencia correspondiente. Posteriormente se generalizará el análisis a sistemas multicapas periódicos y no-periódicos.
7. Cristales fotónicos. Se mostrará que el espectro de las estructuras multicapas periódicas consisten de bandas y gaps (brechas) y daremos su interpretación física.
8. Materiales izquierdos. Se dará un breve introducción a las propiedades electromagnéticas de los materiales izquierdos (metamateriales). Se estudiará mediante el formalismo de matriz de transferencia sus propiedades de transmisión tanto para un slab como de una bicapa compuesta por material izquierdo y derecho.
9. Ondas acústicas. Se dará una descripción básica de las ondas acústicas, así como sus condiciones a la frontera para después construir la matriz de transferencia para diferentes sistemas, interface, slab y sistemas multicapas, en los cuales estudiaremos sus propiedades de transmisión y reflexión.

Bibliografía Básica:

- P. Markos and C. M. Soukoulis, Wave propagation, from electrons to photonic crystals and left-handed materials, Princenton.
- W. C. Elmore and M. A. Heald, Physics Waves, Dover.
- P. Yeh, Optical waves in layered materials, Wiley Inter-Science.

Sistemas Metal-Dieléctrico-Semiconductor (MOS)

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFE-1

Clave: **AFE-13**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: Unos de los componentes básicos (Building Blocks) de los dispositivos semiconductores son indudablemente los contactos Metal-Semiconductor y Metal-Oxido-Semiconductor y es indispensable el tener en cuenta cómo funciona y cómo responden estos sistemas a diferentes interacciones, en particular a la interacción electromagnética, estrés mecánico (Presión) o temperatura para poder entender su funcionamiento, operabilidad y rango en que operan para poder ello poder, inclusive, proponer mejoras tanto en la estructura como en las posibles aplicaciones de estos sistemas. Este curso pretende revisar las características más importantes de los materiales dieléctricos, contactos metal-dieléctrico, metal-semiconductor y metal-dieléctrico-semiconductor.

Contenidos:

- Relación entre la polarizabilidad y la constante dieléctrica.
- Comportamiento de los dieléctricos en campos eléctricos variables con el tiempo.
- Conducción y ruptura dieléctrica en aislantes.
- Aplicaciones de los dieléctricos en electrónica.
- Materiales dieléctricos de interés en microelectrónica.
- Aplicaciones de los dieléctricos a dispositivos microelectrónicos.

Índice Temático:

1. Relación entre la polarizabilidad y la constante dieléctrica. Polarización. Constante dieléctrica de fases diluidas. Constante dieléctrica en la materia condensada. Modelo de Lorentz. Relación entre la constante dieléctrica y la polarizabilidad. Efecto de la frecuencia y de la temperatura en la constante dieléctrica. Constante dieléctrica en la materia condensada: modelo de Onsager.

2. Comportamiento de los dieléctricos en campos eléctricos variables con el tiempo. Métodos de estudio de la respuesta dieléctrica. Función respuesta dieléctrica. Respuesta dieléctrica en el espacio de tiempos y frecuencias. Parámetros eléctricos de los materiales conductores y dieléctricos. Relación de los parámetros dieléctricos con las constantes ópticas. Relaciones de Kramers-Kröning*. Curva de dispersión de la constante dieléctrica*.

3. Conducción y ruptura dieléctrica en aislantes. Contactos Metal-aislante. Mecanismos de conducción en dieléctricos. Procesos limitados por la interfase metal-aislante. Efecto Schottky. Procesos limitados en el interior del dieléctrico. Conducción iónica en aislantes. Resumen de los mecanismos de conducción en aislantes. Procesos de ruptura dieléctrica (térmica, electrónica y iónica)*.

4. Aplicaciones de los dieléctricos en electrónica. Condensadores. Aplicaciones de los materiales ferro eléctricos. Materiales ferro eléctricos. Memorias ferro eléctricas*. Convertidores ferro eléctricos de energía*. Transductores piezoeléctricos*. Aplicaciones ópticas de los materiales electrónicos aislantes*. Aplicación de los dieléctricos en láseres de estado sólido. Dispositivos electroópticos. Fibras ópticas*.

5. Materiales dieléctricos de interés en microelectrónica. Oxido de silicio (SiO_2). Nitruro de silicio. Aislantes ultra finos en microelectrónica. Dieléctricos con alta constante dieléctrica (high-k). Oxido de tantalio*. Substratos dieléctricos: vidrios, cerámicas y cristales*.

6. Aplicaciones de los dieléctricos a dispositivos microelectrónicos. Aplicaciones de los dieléctricos como elementos pasivos en microelectrónica. Aplicaciones de los dieléctricos como elementos activos en microelectrónica. Transistores MOSFET. Memorias microelectrónicas*. Transistores sobre substratos aislantes*.

Bibliografía Básica:

- Kwan Chi Kao, Dielectric Phenomena in Solids, Academic Press, 2004.
- E. H. Rhoderick R. H. Williams, Metal-Semiconductor Contacts (Monographs in Electrical and Electronic Engineering), Oxford University

Press, 1988.E. H. NicollianJ. R. Brews, MOS (Metal Oxide Semiconductor) Physics and Technology, Wiley-Interscience, 2002.

Bibliografía Complementaria:

- Vladimir V. Mitin, Viatcheslav A. Kochelap and Michael A. Stroscio. Quantum Heterostructures (Microelectronics and Optoelectronics). Cambridge. 1999.
- U.K. Mishra and J. Singh. Semiconductor Device Physics and Design, Springer 1997.
- J. Singh. Dispositivos Semiconductores, McGraw-Hill 1997.
- S.M. Sze and Kwok K. Ng. Physics of Semiconductor Devices (3er ed.) 2007
- David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, Prentice-Hall, 1999.

Técnicas de crecimiento de materiales

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFE-1

Clave: **AFE-14**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: El estudiante obtendrá los conocimientos básicos sobre la importancia de los materiales precursores en el material a procesar, las distintas técnicas de crecimiento de materiales y como se relacionan sus propiedades fisicoquímicas del material procesado con el método utilizado de crecimiento.

Contenidos:

- Métodos químicos.
- Tecnología de crecimiento de cristales y preparación de substratos.
- Tecnología de preparación películas delgadas semiconductoras y aislantes.
- Otras técnicas.

Índice Temático:

1. Métodos químicos. Sol-gel. Baño Químico. Reacción en estado sólido. Aspersión pirolitica. Deposito químico en fase vapor.
2. Tecnología de crecimiento de cristales y preparación de substratos. Producción de silicio y de otros semiconductores grado electrónico. Método Czochralsky. Control de estructura, pureza y defectos. Método de

Bridgman. Otros métodos de crecimiento de cristales. Corte, pulido y limpieza de obleas y otros substratos.

3. Tecnología de preparación películas delgadas semiconductoras y aislantes. Importancia de las películas delgadas. Teoría sobre el proceso de crecimiento de películas delgadas. Procesos de epitaxia. Epitaxia en fase líquida (LPE) y epitaxia en fase vapor (VPE). Técnicas PVD. Epitaxia de haz molecular (MBE) y de haz de iones (IBE), evaporación térmica y con haz de electrones, erosión catódica, ablación láser. Técnicas CVD. CVD térmico, CVD asistido por plasma directo (PECVD) y remoto (RPECVD). Técnicas de rocío pirolítico.

4. Otras técnicas. Preparación de aislantes en película delgada, dióxido de silicio, nitruro de silicio.

Bibliografía básica:

- West A.R., Solid State Chemistry and its Applications, John Wiley & Sons, 1984.
- Cheetham A.K., and Day P., Solid State Chemistry. Techniques, Oxford University Press., 1987.
- Brinker C. J. and Scherer G. W., Sol Gel Science. The Physics and Chemistry of Sol-gel Processing, Academic Press, 1990.
- Sze S.M., VLSI technology, McGraw- Hill, 1988.
- J. M. Arbelia, A. M, Cintas, Introducción a la ciencia de materiales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Biofísica de célula

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-15**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: Este es un curso interdisciplinario diseñado para estudiantes de interesados en la descripción cualitativa y cuantitativa de los procesos biológicos. La herramienta indispensable es el conocimiento de la física estadística y termodinámica. El curso se enfoca específicamente en la mecánica celular. Este curso explorara la arquitectura de la envoltura y sus andamios internos, y las propiedades de sus componentes blandos. Discutiremos las propiedades de polímeros flexibles, redes y membranas, para después consideraremos sistemas auto-ensamblables como células sintéticas y bacterias. El curso está enfocado a interesados en hacer investigación en el área de la biofísica y en específico en la línea de investigación relacionada con los efectos eléctricos en membranas: Deformación, penetración y fusión.

Contenidos:

- Introducción a la célula.
- Polímeros.
- Redes en dos y tres dimensiones.
- Membranas.
- La célula y sus componentes.
- Movilidad y motilidad.

Índice Temático:

1. Introducción a la célula. Tamaños de las células, formas y estructura. Cuerdas y filamentos. Bloques moleculares. DNA – composición y estructura. DNA – transcripción y replicación. El factor de Boltzmann.

2. Polímeros. Filamentos flexibles. Tamaño de las cadenas de polímeros. Elasticidad de la cadena. Biopolímeros.

3. Redes en dos y tres dimensiones Redes blandas y sus deformaciones. Modulo elástico en 2D y 3D. Efectos de estrés y temperatura. Medidas de redes biológicas. Redes en 3D. Redes entrópicas

4. Membranas. Composición de las bio-membranas. Auto-ensamblado de las moléculas amfifílicas. Resistencia a las compresiones de las bicapas. Resistencia al doblado de las bicapas. Inestabilidad mecánica de las bicapas. Curvatura de superficie. Doblado de la membrana y longitud persistente. Propiedades de peso de los polímeros y membranas. Medida de las ondulaciones de las membranas.

5. La Célula y sus componentes. Energía de la bicapa. Fases y formas estables de la vesícula. Las bacterias y los eritrocitos humanos. Interacciones entre membranas Fuerzas y energías. Mecánica estadística de la adhesión. Fuerzas de fluctuación.

6. Movilidad y motilidad. Movimiento de la célula. Polimerizacion de la actina y el tubulina. Motores moleculares. Fuerzas y torca. División celular. Fuerzas originadas por filamentos.

Bibliografía Básica:

- Mechanics of the Cell, David Boal, Cambridge University Press, 2002. Mechanics of the Cell.
- Biological Physics: Energy, Information, Life, Philip Nelson, Publisher: W H Freeman & Co; (July 2003).
- Molecular and Cellular Biophysics, Meyer B. Jackson, Cambridge University Press, Cambridge UK 2006.

Bibliografía Complementaria:

- Biophysics: an introduction. Roland Glaser. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005.

- Physical biology of the cell. Rob Phillips, Jane Kondev, Julie Theriot. Garland Science 2008.

Fuerzas intermoleculares y de superficies

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-16**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: Las fuerzas intermoleculares están presentes en todas las formas de la materia y determinan sus propiedades y comportamiento. La leche, el queso, la espuma, lubricantes, detergentes, coloides, micelas, moléculas biológicas, membranas son objetos que pueden ser descritos con estas fuerzas. El curso abarca fenómenos vistos en física, química, ingeniería química y biología. El curso está enfocado a interesados en hacer investigación en el área de la biofísica y/o materia blanda y en específico en la línea de investigación relacionada con los efectos eléctricos en membranas: Deformación, penetración y fusión.

Contenidos:

- Aspectos termodinámicos de las fuerzas intermoleculares.
- Fuerzas intermoleculares fuertes: Interacciones covalentes y de Coulomb.
- Interacciones de moléculas polares y de polarización de moléculas.
- Fuerzas de Van der Waals. Fuerzas repulsivas y estructura liquida.
- Interacciones especiales: Enlace de hidrógenos, hidrofobicas e interacciones hidrofilicas.
- Fuerzas de van der Waals entre superficies.
- Fuerzas electrostáticas entre superficies y líquidos.
- Fuerzas de solvatación estructurales y de hidratación.
- Fuerzas estéricas y de fluctuación.
- Adhesión.

Índice Temático:

1. Aspectos termodinámicos de las fuerzas intermoleculares. Energías de interacciones de las moléculas en el espacio libre y en el medio. La distribución de Boltzmann. La distribución de moléculas y partículas en sistemas en equilibrio. La ecuación de van der Waals.

2. Fuerzas intermoleculares fuertes: Interacciones covalentes y de Coulomb. Enlaces físicos y químicos. Cristales iónicos. Solubilidad de iones en diferentes solventes. Efectos específicos de la interacción ion-solvente.

3. Interacciones de moléculas polares y de polarización de moléculas. Interacción Ion-dipolo. Iones en solventes polares. Hidratación y fuerzas de solvatación, estructurales y de hidratación. Interacción dipolo-dipolo. Rotación de dipolos. Efectos entrópicos. Interacción de moléculas polarizables.

4. Fuerzas de Van der Waals. Ecuación de London. Fuerzas de dispersión. Transiciones de fase gas-liquido y liquido-sólido. Fuerzas de van der Waals entre moléculas polares y en un medio. Auto dispersión de una molécula en un medio. Efectos entrópicos.

5. Fuerzas repulsivas y estructura liquida. Potenciales repulsivos. Potenciales pares. Efectos de la estructura liquida en fuerzas moleculares.

6. Interacciones especiales: Enlace de hidrógenos, hidrofobicas e interacciones hidrofilicas. Propiedades del agua. El enlace de hidrogeno. El efecto hidrofobito. La interacción hidrofobica.

7. Fuerzas de van der Waals entre superficies. Adsorción. Corto y largo alcance de fuerzas. Interacciones macroscópicas entre cuerpos. La aproximación de Langbein La aproximación de Derjaguin. La constante de Hamaker. La teoría de Lifshitz de las fuerzas de van der Waals. Aplicaciones a un medio y efectos retardados. Apantallamiento de las fuerzas de van der Waals en soluciones electrolíticas Energías de superficiales y de adhesión. Fuerzas entre superficies y capas adsorbidas.

8. Fuerzas electrostáticas entre superficies y líquidos. La ecuación de Poisson-Boltzmann. Concentración de contraiones en la superficie. Origen de la distribución iónica. Limitaciones de la ecuación de Poisson-Boltzmann. “wetting”. La ecuación de Grahame. La longuitud de Debye. La teoría DLVO.

9. Fuerzas de solvatación estructurales y de hidratación. Fuerzas que no son del tipo DVLO. Orden molecular en superficies e interfaces in películas delgadas. La fuerza oscilatoria. La fuerza oscilatoria en líquidos no acuosos Fuerzas de repulsión (hidratación). Fuerzas de atracción (hidratación)

10. Fuerzas estéricas y de fluctuación. Interfaces difusivas. Polímeros en superficies. Fuerzas estéricas repulsivas. Fuerzas puras de polímeros líquidos. Aspectos fuera de equilibrio de interacciones de polímeros. Fluctuaciones térmicas. Otras fuerzas.

11. Adhesión. Energías superficiales e interfaciales. Energías superficiales de superficies con mucha curvatura. Ángulos de contacto y filmes húmedos. Las teorías de JKR y Hertz. Efectos capilares en la adhesión.

Bibliografía Básica:

- Intermolecular and surface forces, Jacob Israelachvili, Academic Press.
- Principles of colloid and surface chemistry, Paul C. Hiemenz and Raj Rajagopalan. Marcel Dekker 1998.

Bibliografía Complementaria:

Molecular driving forces: Statistical thermodynamics in chemistry and biology. Ken A. Dill. Garland Science.

Física Estadística II

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFB-4, AFB-5

Clave: **AFE-17**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: Se discute gases imperfectos y Funciones de distribución de líquidos. Gases monoatómico, diatómicos y poli-atómicos. Se trata la teoría cinética de gases. Se estudia el movimiento browniano y la ecuación de Langevin y funciones de correlación dependientes del tiempo. El estudiante se equipara de herramientas importantes en el estudio de sistemas coloidales.

Contenidos:

- Gases Imperfectos.
- Funciones de Distribución de Líquidos Monoatómicos Clásicos.
- Teoría de Perturbación de Líquidos.
- Soluciones de Electrolitos Fuertes.
- Teoría Cinética de Gases.
- Mecánica del Continuo.
- Teoría Cinética de Gases y la Ecuación de Boltzmann.
- Procesos de Transporte en Gases Diluidos.
- Teoría del Movimiento Browniano.
- Funciones de Correlación Dependientes del Tiempo I.
- Funciones de Correlación Dependientes del Tiempo II.

Índice Temático:

1. Gases Imperfectos. La Ecuación de Estado del Virial de la Gran función de partición. Coeficientes del Virial en el Líquido Clásico. Segundo Coeficiente del Virial. Tercer Coeficiente del Virial. Correcciones Cuánticas a B2(T). Ley de Estados Correspondientes.

2. Funciones de Distribución en Líquidos Monoatómicos Clásicos. Funciones de Distribución. Relación de las funciones termodinámicas con g(r). Ecuación Integral de Kirkwood para g(r). Función de Correlación Directa. Expansiones en la Densidad.

3. Teoría de Perturbación de Líquidos. Teoría de perturbación Mecánico-Estadística La Ecuación de van der Waals. Varias Teorías de Perturbación de Líquidos.

4. Soluciones de Electrolitos Fuertes. La Teoría de Debye-Hückel. Algunas Teorías Mecánico-Estadísticas de Soluciones Iónicas.

5. Teoría Cinética de Gases. Teoría Cinética Elemental de Transporte en Gases. Mecánica Clásica y Colisiones Moleculares. Cambio de Promedio Cuadrático del Momento durante Colisiones.

6. Mecánica del Continuo. Derivación de las Ecuaciones de Continuidad. Algunas Aplicaciones de las Ecuaciones Fundamentales. La Ecuación de Navier-Stokes y su Solución.

7. Teoría Cinética de Gases y la Ecuación de Boltzmann. Espacio Fase y la Ecuación de Liouville. Funciones de Distribución Reducidas. Flujos en Gases Diluidos. La Ecuación de Boltzmann.

8. Procesos de Transporte en Gases Diluidos. Método de Chapman-Enskog. Coeficientes de Transporte. Extensiones de la Ecuación de Boltzmann.

9. Teoría del Movimiento Browniano. La Ecuación de Langevin. Las Ecuaciones de Fokker-Planck y Chandrasekhar.

10. Funciones de Correlación Dependientes del Tiempo I. Absorción de Radiación. Teoría Clásica de Dispersión de Luz. Relajación Dieléctrica

11. Funciones de Correlación Dependientes del Tiempo II. Dispersión Inelástica de Neutrones. El Teorema de Wiener-Khincthine. Dispersión de Luz Laser. La Función de Memoria.

Bibliografía Básica:

- Donald A. MacQuarrie, Statistical Mechanics, University Science Books, 2nd Edition. 2000.

- David Chandler, Introduction to Modern Statistical Mechanics. Oxford University Press, 1st Edition. 1987.

Bibliografía Complementaria:

- Enrico Fermi, Thermodynamics. Dover Publications. 1956.
- L. D. Landau. Statistical Physics. Butterworth-Heinemann; 3 edition (January 15, 1980).

Teoría de Líquidos Simples

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFB-4, AFB-5

Clave: **AFE-18**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura. Las propiedades estáticas y dinámicas de los fluidos simples. Describe muchas herramientas teóricas de gran utilidad en el área de líquidos simple que también se utilizan en fluidos complejos. Esta materia permitirá al candidato comprender mucha de la literatura correspondiente y utilizar muchos de sus conceptos en su investigación de sistemas coloidales. Esta materia está ligada con la Orientación Arresto dinámico en la materia Blanda Condensada.

Contenidos:

- Mecánica Estadística.
- Propiedades Estáticas de Líquidos.
- Teorías de Funciones de Distribución.
- Teoría de Perturbación.
- Fluidos Inhomogéneos.
- Correlaciones Dependientes de tiempo y Funciones de Respuesta.

Índice Temático:

1. Mecánica Estadística. Evolución temporal y ecuaciones cinéticas. Promedios en el tiempo y de ensamble. Ensambles Canónico e Isotérmico-Canónico. El ensamble Gran Canónico. Densidades de Partículas y

Funciones de Distribución. Densidades de Partículas y el ensamble Gran Canónico. Simulación por computadora: Dinámica Molecular y Monte Carlo.

2. Propiedades Estáticas de Líquidos. Fluido en un campo externo. Funcionales y diferenciación Funcional. Derivadas Funcionales del Gran potencial. Teoría de Funcionales de la Densidad. Funciones de correlación Directa. Función de respuesta de la densidad. Métodos Diagramáticas. Expansiones Diagramáticas.

3. Teorías de Funciones de Distribución. El Factor Estático de Estructura. La jerarquía YBG y la ecuación de Born-Green. Expansiones Funcionales y Ecuaciones Integrales. La Ecuación de Percus-Yevick. La Aproximación Esférica Promedio. Expansiones Diagramáticas Extensiones de Ecuaciones Integrales.

4. Teoría de Perturbación. El Modelo van der Waals. La Expansión Lambda. Sistemas de Referencia de Núcleo Suave. Fluido de Lennard-Jones. Fuerzas Atractivas.

5. Fluidos Inhomogéneos. Líquidos en Interfaces. Funcionales Aproximadas de Energía Libre. La Interface Líquido-Vapor. Teoría Fundamental de la Medida. Fluidos Confinados.

6. Correlaciones Dependientes de tiempo y Funciones de Respuesta. Propiedades Generales de las Funciones de Correlación en el tiempo. Función de Auto correlación en Velocidad y Auto difusión. Movimiento Browniano y Ecuación Generalizada de Langevin. Correlaciones en el espacio y en el tiempo. Dispersión Inelástica de Neutrones. Teoría de Respuesta Lineal.

Bibliografía Básica:

- Jean Pierre Hansen and I. R. MacDonald, Theory of Simple Liquids, 3rd. Edition. Academic Press, 2006.

Bibliografía Complementaria:

- D. A. McQuarrieL. Statistical Mechanics, University Science Books. 2000.
- David Chandler, Introduction to Modern Statistical Mechanics, 1st. edition, Oxford University Press, 1987.
- M. P. Allen, Computer Simulation of Liquids, Oxford University Press. 1989.

Simulaciones avanzadas (AFE-19)

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFB-4, AFB-5

Clave: **AFE-19**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: El material de este curso está diseñado para introducir la técnica de simulación DPD (Dissipative Particle Dymamics). Se le pedirá al estudiante un conocimiento previo de mecánica estadística y de métodos numéricos para un mejor aprovechamiento de dicho material. El material se divide en tres partes. La primera es la parte introductoria y consta de un repaso de las bases teóricas de los métodos computacionales. La segunda, se enfoca en los fundamentos de dichos métodos y, finalmente, la tercera parte esta dedica al método DPD aplicado a la biofísica y materia blanda. Este curso dotará al estudiante de los conocimientos necesarios que podrá aplicar en su investigación ya que tendrá la habilidad de simular cualquier sistema biológico. El material estará acompañado de un Software en línea que, aunado a que los ejemplos que se verán son los más representativos en la bioingeniería, facilitara la compresión y el entendimiento de las técnicas de simulaciones computacionales.

Contenidos:

- Base Teórica de los Métodos Computacionales.
- Fundamentos de los Métodos Computacionales.
- Aplicaciones del Método DPD (Dissipative Particle Dymamics).

Índice Temático:

1. Base Teórica de los Métodos Computacionales. Matrices y Tensores. Fundamentos de Mecánica Continua. Fenómenos en un Medio Deformable y Poroso.

2. Fundamentos de los Métodos Computacionales. Formulación de Elementos Finitos. Análisis de la dinámica de Elementos finitos. Introducción al análisis de elementos finitos No-lineales. Modelado de Elementos Finito de Problema de Campo. Métodos de Partículas Discretas para modelas Sólidos y Fluidos.

3. Aplicaciones del Método DPD (Dissipative Particle Dymamics). Introducción al Método DPD. Simulaciones de la Dinámica de Sistemas Mesoscópicos. La Mecánica Estadística del modelo del Grano-Grueso. Tópicos Avanzados: Modelo de Colisión Mesoscópica de Multipartícula para el Flujo de un Fluido y Dinámica Molecular. Dinámica Molecular de Sistemas Complejos. Modelos Híbridos.

Bibliografía Básica:

- Computer Modeling in Bioengineering, Milos Kojic , John Wiley & Sons. UK 2008.
- Novel Methods in Soft Matter Simulations (Lecture Notes in Physics). Mikko Karttunen, Springer. Germany 2004.

Bibliografía Complementaria:

- Advanced Computer Simulation Approaches for Soft Matter Sciences III,¿ Springer,2009.
- Computer Simulations of Liquid Crystals and Polymers, NATO Science Series, 2003.

Tópicos avanzados de la mecánica clásica

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-20**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: La formulación de la Mecánica Clásica basada en un principio variacional (mínima acción) además de elegante contiene muchas ventajas tanto teóricas como técnicas al momento de atacar diversos problemas. Quizá una de las ventajas más importantes de este formalismo no vectorial de la física clásica es el enlace que se da con la mecánica cuántica por medio de cuantización canónica, integral de camino o bien cuantización por deformación. Por otra parte el principio de mínima acción se puede ampliar a sistemas que no se atacan en mecánica como electrodinámica, física de partículas, relatividad general, teoría de cuerdas, alguno de estos casos lejos del alcance del formalismo en que se plantea la mecánica clásica usual. El estudio de la presente materia repercute directamente en la Orientación de Física Matemática. Al finalizar el curso el estudiante tendrá las herramientas matemáticas y el conocimiento de los problemas físicos para proponer nuevas soluciones a problemas ya resueltos de forma tradicional.

Contenidos:

- Formas diferenciales.
- Variedades Simplécticas.
- Formalismo Canónico.
- No-conmutatividad.
- Formalismo de Nambu.

Índice Temático:

1. Formas diferenciales. Formas externas. Multiplicación externa. Formas diferenciales. Integración de formas diferenciales. Diferenciación externa.
2. Variedades Simplécticas. Estructuras Simplécticas en variedades. Álgebra de Lie de campos vectoriales. Álgebra de Lie de funciones hamiltonianas. Geometría Simpléctica. Atlas simpléctico.
3. Formalismo Canónico. La integral invariante de Poincaré-Cartan. Aplicaciones de la integral invariante de Poincaré-Cartan. Principio de Hugens. Método de Hamilton-Jacobi. Funciones generadoras.
4. No conmutatividad. Introducción. Teorema de Darboux. Mecánica clásica no conmutativa. Producto Moyal. Principio de Incertidumbre Generalizado. Aplicaciones.
5. Formalismo de Nambu. Introducción. Corchetes canónicos de Nambu. Variedades de Nambu-Poisson. Formalismo Canónico y acción. Cuantización. Aplicaciones.

Bibliografía Básica:

- Arnold, Mathematical Methods of Classical Mechanics (Springer, 2000).
- Leon a. Takhtajan Quantum Mechanics for mathematicians (American mathematical Society, 2008.
- Darryl D Holm, Geometrics Mechanics Part I (Imperial College Press, 2008).
- L. Takhtajan, On Foundation of Generalized Nambu Mechanics (Comm. Math. Phys. Volume 160, Number 2 (1994), 295-315, 2006).

Bibliografía Complementaria:

- C. Godbillon, Geometrie Differentielle et Mecanique analytique (Hermann-Paris, 1969).
- M. Nakahara, Geometry, Topology and Physics, Second Edition (Graduate Student Series in Physics) (Taylor & Francis, 2003).
- G. F. Simmons, Introduction to topology and modern analysis (Krieger Publishing company, 2003).

Tópicos avanzados de Física-Matemática

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-21**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: La física intenta comprender el universo elaborando un modelo matemático y conceptual de la realidad que se utiliza para racionalizar, explicar y predecir los fenómenos de la naturaleza, planteando una teoría física de la realidad. Su núcleo central es la física matemática, aunque también se usan otras técnicas conceptuales. La física teórica constituye la rama de la física que, basándose fuertemente en la matemática, elabora teorías y modelos con el fin de explicar y comprender fenómenos físicos, aportando las herramientas necesarias no sólo para el análisis sino para la predicción del comportamiento de los sistemas físicos. La física teórica basa su progreso en el uso de la matemática para predecir fenómenos que aún no han sido observados experimentalmente así como otros que nos permiten conocer el universo en formas no accesibles experimentalmente, en base a principios bien demostrados experimentalmente. El estudio de esta materia proporcionará las herramientas matemáticas para desarrollar diferentes líneas la física teórica, así mismo dan el lenguaje requerido para presentar la física con un formalismo más riguroso. Dentro de los temas de, las formas diferenciales es común en varias áreas de la física, por ejemplo, la termodinámica, electrodinámica y la Teoría de la Relatividad. Las Álgebras Graduadas de Lie, dan la matemática para trabajar modelos supersimétricos, la cual impacta en la Orientación de modelos extendidos de partículas. Las variedades de Kälher, dan una herramienta para tratar problemas físicos, ya que son variedades complejas con estructura adicional, y esta variedad es una generalización de la geometría simpléctica El estudiante se verá beneficiado con las diferentes herramientas necesarias para entender el lenguaje

en que las teorías modernas como la teoría de cuerdas o gravitación cuántica están cimentadas y supersimetría.

Contenidos:

- Formas diferenciales.
- Álgebras de Clifford.
- Álgebras graduadas de Lie.
- Variedades de Kähler.
- Teoría espectral.

Índice Temático:

1. Formas diferenciales: Formas y tensores. Algebra exterior. Derivada exterior. Variedades e integración. Aplicaciones en Física.
2. Álgebra de Clifford: Bivectores y k-vectores. Álgebra de Pauli. Espinores. Álgebra de Dirac. Identidades de Fierz. Aplicaciones en Física.
3. Álgebras graduadas de Lie: Números de Grassmann. Fermiones y anticonmutación. Álgebra de Grassmann. Mecánica clásica para variables anticonmutativas. Fantasmas. Álgebras diferenciales graduadas.
4. Variedades de Kähler: Variedades complejas. Cálculo en variedades complejas. Formas diferenciales complejas. Variedades Ermiticas y geometría diferencial Ermitica. Variedades de Kähler. Mecánica cuántica.
5. Teoría espectral: Espacios métricos. Espacios de funciones. Espacios L^p. Espacios de Hilbert. Operadores en espacios de Hilbert. Teoría espectral.

Bibliografía Básica:

- H. Flanders, Differential forms with applications to the Physical sciences (Dover, 1989).
- P. Lounesto, Clifford algebras and spinors (Cambridge University Press, 2001).
- M. Henneaux, and C. Teitelboim, Quantization of gauge systems (Princeton University Press, 1992).
- M. Nakahara, Geometry, Topology and Physics, Second Edition (Graduate Student Series in Physics) (Taylor & Francis, 2003).
- L. Hansen, Functional anlysis: Entering Hilbert space (World Scientific, 2006).

Bibliografía Complementaria:

- C. Godbillon, Geometrie Differentielle et Mecanique analytique (Hermann-Paris, 1969).
- D. Hestenes, Clifford algebra to geometric calculus: a unified language for mathematics and physics (Springer, 1987).
- S. Weinberg, The quantum theory of fields, Vol III (Cambridge University Press, Taylor & Francis, 2000).
- G. F. Simmons, Introduction to topology and modern analysis (Krieger Publishing company, 2003

Teoría cuántica del campo

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFB-4, AFB-5

Clave: **AFE-22**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: La intención primordial del curso es introducir al estudiante en el desarrollo de algunas teorías de campos invariantes ante las transformaciones de Lorentz a nivel cuántico. Se pondrá especial énfasis en los aspectos cuánticos que pueden ser descritos en términos clásicos, y se manejará como ejemplo central al campo electromagnético. Se tiene contemplado, además, formalizar las bases para llevar a cabo la cuantización de los tipos esenciales de campos dinámicos que juegan un papel importante en la Física de altas energías, a saber, los campos escalar, espinorial (Dirac) y vectorial (esencial en la cuantización de la electrodinámica). La invarianza de las teorías de campo se discutirá en términos de Lagrangianos y del teorema de Noether. Se introducirán además teorías de norma no-Abelianas como generalización de la electrodinámica Maxwelliana. Algunos puntos importantes serán la formulación de la cuantización a través de integrales de trayectoria y el estudio de las reglas de Feynman, así como los propagadores asociados a los campos de norma. Así mismo, se pretende impactar en las Orientación de Física-Matemática y Cuantización, siendo que ambas Orientación se relacionan con estructuras de interés para teorías de norma y que están contempladas como parte de dichas líneas. El estudiante se verá por lo tanto beneficiado al considerar la cuantización de teorías de norma por los métodos de teoría cuántica de campos y dará cuenta de que los problemas que enfrenta su cuantización serán imprescindibles para el desarrollo de las habilidades necesarias en el estudiante para llevar a cabo cuantización de teorías de norma por diversos métodos tanto canónicos como geométricos.

Contenidos:

- Ecuaciones para una partícula.
- Simetrías y campos de norma.
- Cuantización canónica.
- Integrales de trayectoria.
- Reglas de Feynman.
- Modelo de Weinberg-Salam.
- Renormalización.

Índice Temático:

1. Ecuaciones para una partícula. Ecuación de Klein-Gordon. Representaciones del grupo de Lorentz. Ecuación de Dirac. Grupo de Poincaré. Ecuaciones de Maxwell y Proca. Ecuaciones de Yang-Mills.
2. Simetrías y campos de norma. Formulación Lagrangiana. Formulación Hamiltoniana. Teorema de Noether. Campo escalar. Campo electromagnético. Campo de Yang-Mills. Geometría de los campos de norma.
3. Cuantización canónica. Campo de Klein-Gordon. Campo de Dirac. Campo electromagnético. Campo vectorial masivo.
4. Integrales de trayectoria. Formulación de la mecánica cuántica por Integrales de trayectoria. Teoría de perturbaciones. Matriz S. Dispersión de Coulomb. Propiedades de las integrales de trayectoria.
5. Reglas de Feynman. Derivación e integración funcional. Funcionales generadores para el campo escalar.
6. Funciones de Green para la partícula libre. Funcionales generadores para campos interactuando.
7. Teorías φ4. Funcionales generadores para diagramas conexos. Propagadores. Método de Faddeev-Popov. Auto-energía y funciones vértice. Identidades de Ward-Takahashi. Transformación de Becchi-Rouet-Stora.
8. Modelo de Weinberg-Salam. Teorema de Goldstone. Rompimiento espontáneo de simetrías de norma.
9. Modelo de Weinberg-Salam.

10. Renormalización. Divergencias en teorías φ4. Regularización dimensional en teorías φ4. Renormalización de teorías φ4. Grupo de renormalización. Divergencias y regularización dimensional para QED. Renormalización para QED.

Bibliografía Básica:

- L. H. Ryder, Quantum field theory (Cambridge University Press, 1996).
- M. Kaku, Quantum field theory (Oxford University Press, 1993).

Bibliografía Complementaria:

- M. E. Peskin and D. V. Schroeder, An introduction to quantum field theory (Addison- Wesley, 1996).
- E. Zeidler, Quantum Field Theory Vol II: Quantum Electrodynamics: A Bridge between mathematicians and physicistss (Springer, 2009).
- M. Maggiore, A modern introduction to Quantum Field Theory (Oxford Master Series in Statistical, computational and theoretical Physics) (Oxford University Press, 2005)
- S. Weinberg, The Quantum Theory of fields Vol I: Foundations (Cambridge University Press, 2005).
- T. Thiemann, Modern Canonical Quantum General Relativity (Cambridge Monographs on Mathematical Physics) (Cambridge University Press, 2008).

Teorías de Norma en Física de Partículas

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFB-4, AFB-5

Clave: **AFE-23**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: El estudio de las Teorías de Norma es crucial para la comprensión de ramas tan diversas de la física actual como lo son la Física de las Partículas Elementales, los Modelos Nucleares y la Cosmología. Los conocimientos y habilidades que se adquieren a través del estudio de esta asignatura permiten acceder a una de las fronteras más activas de la física contemporánea, además de constituir una primera aproximación de una teoría física que combina la Mecánica Cuántica, la Teoría de la Relatividad y la Mecánica Cuántica Relativista. El estudiante adquirirá los conocimientos y habilidades necesarias para comprender el contenido físico de las teorías de norma. Podrá calcular secciones eficaces de los procesos más simples de la interacción de la materia con la radiación e interpretara los resultados de experimentos que involucran partículas de altas energías. Esta materia tiene relación con las ligas de generación y aplicación del conocimiento de: propiedades electromagnéticas del neutrino y con la producción de bosones vectoriales y bosones de Higgs.

Contenidos:

- Simetría Global no-Abeliana.
- Simetría de Gauge Local no-Abeliana.
- Rompimiento Espontáneo de una Simetría Global.
- Rompimiento Espontáneo de una Simetría Local.
- Fenomenología de Interacciones Débiles.

- La Teoría de Gauge de Weinberg-Salam-Glashow de las Interacciones Electrodébiles.

Índice Temático:

1. Simetría Global no-Abeliana. La simetría de sabor SU(2). La simetría de sabor SU(3). Simetría global no-Abeliana en Lagrangianos de teoría cuántica de campos.
2. Simetría de Gauge Local no-Abeliana. Simetría local SU(2): la derivada covariante e interacciones con materia. Derivada covariante y transformación de coordenadas. Curvatura geométrica y el tensor intensidad de campo de gauge. Simetría local SU(3). Simetría local no-Abeliana en Lagrangianos de teoría cuántica de campos.
3. Rompimiento Espontáneo de una Simetría Global. Introducción. El teorema de Fabri-Picasso. Simetría rota espontáneamente en física de materia condensada. El ferromagnetismo. Teorema de Goldstone. Simetría global SU(1) rota espontáneamente. Simetría global no-Abeliana rota espontáneamente.
4. Rompimiento Espontáneo de una Simetría Local. Partículas vectoriales sin masa y partículas vectoriales masivas. Rompimiento espontáneo de una simetría local U(1). Rompimiento espontáneo de una simetría local SU(2)XU(1).
5. Fenomenología de Interacciones Débiles. Teoría de Fermi del decaimiento beta nuclear. Violación de paridad en interacciones débiles. Teoría V-A: quiralidad y helicidad. Número leptónico. Teoría corriente-corriente para interacciones débiles de leptones. Cálculo de la sección eficaz nu_mu+e- à mu+un_e. Corriente neutra débil leptónica.
6. La Teoría de Gauge de Weinberg-Salam-Glashow de las Interacciones Electrodébiles. Isospín débil e ipercarga: el grupo SU(2)XU(1) de las interacciones electrodébiles. La corriente leptónica. La corriente de quarks. Predicciones simples a nivel árbol. El descubrimiento de W+- y Z en el CERN. La masa de fermiones. Mezcla de tres familias. El Quark top. El sector de Higgs.

Bibliografía Básica:

- J. R. Aitchison, A. J. G. Hey. Gauge Theories in Particle Physics, Institute of Physics Publishing, 2004.

Bibliografía Complementaria:

- H. M. Pilkuhn, Relativistic Quantum Mechanics, Springer, 2003.
- W. Greiner, J. Reinhardt, Quantum Electrodynamics, Springer 1994.
- Halzen, A. D. Martin, Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics, Wiley, 1984.

Astronomía extra galáctica y cosmología

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-24**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura. Las galaxias son tema de síntesis astronómica donde confluyen las grandes escalas del Universo con las escalas galácticas e intergalácticas. En el tema convergen variadas ramas de la Astronomía: Cosmología, Medio Interestelar, Dinámica, Formación y Evolución de estrellas y Galaxias, Astrofísica de Altas Energías, etc., que nos dan una descripción del Universo a gran escala y que física y fenómenos son los que le han dado la estructura que observamos. Se cubrirán también diversos temas, no muy profundamente, para que el estudiante llegue a apreciar, entender y discutir los problemas actuales de astronomía extragaláctica y cosmología.

Contenidos:

- Características observacionales de las galaxias.
- Física de las galaxias.
- Galaxias peculiares y núcleos activos de galaxias.
- Cúmulos de galaxias y la estructura en gran escala del Universo.
- Modelos cosmológicos estándares.
- Métodos de la cosmología observacional.
- Formación de las estructuras cósmicas.

Índice Temático:

1. Características observacionales de las galaxias: Esquemas de clasificación morfológica. Propiedades fotométricas y espectrales de galaxias normales; magnitudes, colores, brillo superficial, isofotas, luminosidades absolutas, diámetros fotométricos. Poblaciones estelares y medio interestelar de los diferentes tipos morfológicos. La relación de Tully-Fisher. La relación de Faber-Jackson. Composición y evolución química. Propiedades de las galaxias en radio, infrarrojo, UV, rayos x y rayos gamma. Materia obscura. Grupos y cúmulos de galaxias. Función de luminosidad de galaxias enanas y de bajo brillo superficial.

2. Física de las galaxias: Sistemas en equilibrio; cúmulos globulares, galaxias elípticas y discos galácticos. Determinación de masas y del cociente masa a luminosidad de galaxias espirales y elípticas. Detección de materia. Galaxias barradas e irregulares. Formación estelar en otras galaxias. La conexión halo-disco. Función inicial de masa.

3. Galaxias peculiares y núcleos activos de galaxias: Propiedades de los diferentes núcleos activos de galaxias. Distribución espectral de la energía. Galaxias huésped y actividad inducida. El modelo unificado. Implicaciones cosmológicas y evolución.

4. Cúmulos de galaxias y la estructura en gran escala del Universo: Propiedades estructurales y dinámicas de los cúmulos de galaxias. Relación morfología densidad. Interacción entre las galaxias en cúmulos. Función de correlación entre galaxias. Formación de la estructura del Universo a gran escala; Observaciones y simulaciones numéricas. El Universo en el infrarrojo, en rayos x, en microondas y el visible.

5. Modelos cosmológicos estándares: Las ecuaciones de Einstein. Los modelos de Friedmann. La evolución térmica del Universo. Nucleosíntesis. Bariogénesis. Inflación. El espectro primordial de las fluctuaciones. La radiación de fondo. Evolución lineal y no lineal del espectro de fluctuaciones; formación de las estructuras cósmicas. Energía obscura y la necesidad de una constante cosmológica.

6. Métodos de la cosmología observacional: Confrontación de los modelos cosmológicos con las observaciones. Determinación de los parámetros cosmológicos. Determinación de distancias. Lentes gravitacionales. Conteo de galaxias y la función de Press-Schecter. La radiación de fondo.

7. Formación de las estructuras cósmicas: Teoría lineal de las perturbaciones. Procesos disipativos de la materia bariónica y obscura. Evolución no lineal de las perturbaciones. Materia Obscura Fría con constante cosmológica. Adquisición de momento angular. Formación de galaxias, cúmulos y estructura filamentaria.

Bibliografía Básica:

- Appenzeller, Y., Habing, H.J. y Lena, P. (eds) "Evolution of Galaxies.
- Astronomical Observations" Lecture Notes in Physics 333, Springer Verlag, Berlín, 1989.
- Blandford, R.D., Netzer, H., y Woltjer, L. "Active Galactic Nuclei", Springer-Verlag, Berlín, 1990.
- Gilmore, G., "The Milky Way as a Galaxy", Univ. Science Books, Mill Valley, Cal., 1990
- Kolb, E.W., Turner, M.S. "The Early Universe" Addison Wesley Publishing Co., California, 1990.
- Linde, A.D., "Inflation and Quantum Cosmology", Academic Press. Inc., Boston, 1990.
- 6. Ohanian, H.C., Ruffini, R. "Gravitation and Spacetime", Second Edition, W.W. Norton & Company, New York, 1994.
- Padmanabhan, T. "Structure Formation in the Universe, Cambridge Univ.Press., Cambridge, 1993.
- Peebles, P.J.E. "Physical Cosmology" Princeton Univ. Press., Princeton, 1993.
- Sandage, A., Sandage, M. y Kristina, J. "Galaxies and the Universe: Volume IX of Stars.
- and Stellar Systems" Univ. of Chicago Press, Chicago, 1975.

Bibliografía Complementaria:

- Tinsley, B.M. y Larson, R. "The Evolution of Galaxies and Stellar Populations", New
- Haven, Yale Univ. Printing Service, Yale,1977.
- Vorontsov-Vel'yaminov, B.A., "Extragalactic Astronomy", Harwood Academic.
- Publishers, Chur, Switzerland, 1987.
- Weinberg, S. "Gravitation and Cosmology", Wiley, New York, 1972.

Estructura galáctica y Dinámica estelar

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3

Clave: **AFE-25**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: Proporcionar las bases físicas, observacionales y teóricas para el análisis de la cinemática y la dinámica de sistemas estelares, y de la estructura orbital, de su contenido en estrellas y gas de las galaxias.

Contenidos:

- La distribución espacial de las estrellas.
- Cinemática estelar.
- Rotación galáctica.
- La estructura de la galaxia.
- Dinámica estelar y galáctica.
- Competencias a desarrollar:

Índice Temático:

1. La distribución espacial de las estrellas: Distribución análisis de las estrellas en nuestra vecindad. Efectos de absorción. Función de densidad y de luminosidad estelar. El espectro de masas estelares.
2. Cinemática estelar: Distancias, movimientos propios y velocidades radiales. Determinación del movimiento del Sol y del sistema local de reposo (SLR).

Movimiento del SLR en la galaxia y el elipsoide de velocidades. Estrellas de alta velocidad y velocidades residuales.

3. Rotación galáctica: Cinemática de la rotación. Las constantes de Oort y su significado físico. Determinación de las constantes locales de la rotación; A, B, W y Ro. Las observaciones en radio y en el óptico para la determinación de una ley general de rotación. Aplicación a la determinación de distancias. La curva de rotación en otras galaxias.

4. La estructura de la galaxia: La distribución del gas. Evidencia observacional y cinemática de la estructura espiral en nuestra y otras galaxias. Distribución estelar y de los elementos químicos en el disco, el bulbo y halo galácticos. Propiedades estructurales globales; el núcleo, el bulbo, el disco y el halo. Determinación de algunos modelos de potenciales galácticos.

5. Dinámica estelar y galáctica: El problema fundamental de la dinámica estelar. La ecuación de Boltzmann y el teorema de Jeans. Ecuaciones de la hidrodinámica estelar. Potenciales de esferoides y discos. Modelos auto consistentes y estructura orbital de galaxias. Dinámica de la estructura espiral; ondas de densidad. Dinámica de cúmulos estelares; mezcla orbital, relajación, estado de equilibrio virial, disolución. Ecuación de Fokker-Planck. Fricción dinámica y catástrofe gravo térmica.

Bibliografía Básica:

- Binney, J. y Tremaine, S. "Galactic Dynamics" Princeton Series in Astrophysics, Princeton University Press, Princeton, 1987.
- King, I. "Galactic Dynamics" San Francisco, 1996.
- Gilmore, G., y Carswell, R. "The Galaxy" Dordrecht, Reidel, 1987.
- Mihalas, D. y Binney, J. "Galactic Astronomy" Freeman, San Francisco, 1981.

Bibliografía Complementaria:

- Shapiro, S.L. & Teukolsky, S.A. "Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars", Wiley-Interscience, New York, 1983.
- Gilmore, G., King, I., y Van Der Kuit, P. "The Milky Way as a Galaxy" University Science Books, Mill Valley, California, 1989.
- Ogorodnikov, K.F. "Dynamics of Stellar Systems" Pergamon, London, 1965.
- Van Woerden, H., Allen, R.J., y Burton, W.B. "The Milky Way Galaxy, Simp. 106, IAU" Dordrecht, Reidel, 1985.
- Spitzer, L. "Dynamical Evolution of Globular Clusters" Princeton University Press, Princeton, 1987.

Relatividad general

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFB-4, AFB-5

Clave: **AFE-26**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: La Cosmología, la ciencia del Universo, se ha convertido en una de las ramas de la ciencia más populares y respetadas en la actualidad. La gran riqueza de investigaciones teóricas y de observaciones tanto a nivel astrofísico como cosmológico, han puesto a éste tema en la frontera de la Física teórica moderna. El objetivo del curso será el impartir el conocimiento de la teoría de la relatividad general, o bien, la teoría de Einstein para la gravitación, la cual sirve como base para entender a la cosmología moderna. Se contempla entender los principios tanto geométricos como físicos que sirven para formular dicha teoría y se pretende generar discusiones sobre las soluciones generales a las ecuaciones de Einstein, poniendo especial énfasis en soluciones de tipo cosmológico. Así mismo se pretende impactar en las Orientación de Grupo de Lorentz y simetrías discretas y el de Electrodinámica clásica, siendo que ambas Orientación se relacionan con simetrías específicas de la relatividad general que simplifican su estudio y su comprensión. El estudiante se verá por lo tanto beneficiado al considerar una teoría de norma altamente no trivial, la cual es un ejemplo de teoría invariante de Lorentz. Los problemas que enfrenta su Cuantización serán imprescindibles para el desarrollo de las habilidades necesarias en el estudiante para llevar a cabo Cuantización de teorías de norma por diversos métodos tanto canónicos como geométricos.

Contenidos:

- Variedades y campos tensoriales.
- Curvatura.
- Ecuaciones de Einstein.
- Solución de Schwarzschild.
- Cosmología.
- Formulaciones alternas de la relatividad general.
- Tópicos avanzados.

Índice Temático:

1. Variedades y campos tensoriales. Variedades. Planos tangentes y cotangente. Tensores. Tensor métrico. Notación tensorial abstracta.

2. Curvatura. Transporte paralelo y derivación covariante. Curvatura. Identidades de Bianchi. Geodésicas. Técnicas para el cálculo de curvatura.

3. Ecuaciones de Einstein. Covarianza. Relatividad general. Límite Newtoniano. Radiación gravitacional.

4. Solución de Schwarzchild. Derivación de la solución de Schwarzchild. Soluciones en el interior. Geodésicas para el espacio de Schwarzchild. Corrimiento al rojo gravitacional. Desviación de la luz. Extensión de Kruskal.

5. Cosmología. Homogeneidad e isotropía. Dinámica de un universo homogéneo e isotrópico Corrimiento al rojo cosmológico. Horizontes. Evolución de nuestro universo.

6. Formulaciones alternas de la relatividad general. Formulación Lagrangiana. Formulación Hamiltoniana. Formulación ADM.

7. Tópicos avanzados. Modelos perturbativos. Modelos tipo brana. Campos cuánticos en espacio-tiempos curvados. Gravitación cuántica.

Bibliografía Básica:

- R. M. Wald, General relativity (University of Chicago Press, 1984).
- C. W. Misner, K. S. Thorne, and J. A. Wheeler, Gravitation (Freeman, 1973).

Bibliografía Complementaria:

- B. O'Neill, Semi-Riemannian Geometry With Applications to Relativity (Volume 103 Pure and Applied Mathematics) (Academic Press, 1983).
- C. T. J. Dodson, and T. Poston, Tensor Geometry: The Geometric Viewpoint and its Uses (Graduate Texts in Mathematics) (Springer, 1991).
- M. Nakahara, Geometry, Topology and Physics, Second Edition (Graduate Student Series in Physics) (Taylor & Francis, 2003)
- S. W. Hawking and G. F. R. Ellis, The Large Scale Structure of Space-Time (Cambridge Monographs on Mathematical Physics) (Cambridge University Press, 1975).
- T. Thiemann, Modern Canonical Quantum General Relativity (Cambridge Monographs on Mathematical Physics) (Cambridge University Press, 2008).

Teoría general de Campos Clásicos

Número de créditos: 10

Horas a la semana: 10

Teoría: 6

Practica: 4

Requisitos: AFB-1, AFB-2, AFB-3, AFB-4, AFB-5

Clave: **AFE-27**

Asignatura: Especifica

Descripción de la asignatura: Este curso está destinado a los candidatos que dominan los cálculos diferencial e integral, el análisis vectorial y los fundamentos de la teoría de la relatividad especial; elementos del algebra y análisis tensorial se exponen en el curso según vayan siendo necesarios. El propósito fundamental de este curso es esclarecer el sentido matemático y el contenido de teoría de campos clásicos.

Contenidos:

- Estructura del espacio-tiempo.
- Principios generales de la descripción de campos en la teoría clásica.
- Campo escalar non-lineal.
- Fundamentos de electrodinámica clásica.
- Principios de la teoría de campos de calibración.
- Gravitación.

Índice Temático:

1. Principios generales de la teoría clásica del campo. Transformaciones de Lorentz. Cinemática relativista. Transformaciones generales de Lorentz. Principio variacional. Teorema de Noether. Campo escalar.

2. Campo electromagnético. Ecuaciones de Maxwell. Acción para sistema de cargos y campos. Ecuación de movimiento de partícula cargada en el campo electromagnético. Obtención de ecuaciones de Maxwell del principio de la acción mínima. Tensor de energía-momento del campo electromagnético. Teorema de Umov-Poynting. Campo eléctrico constante. Campo magnético constante. Ondas electromagnéticas. Funciones de Green de ecuación de ondas. Potenciales retardados. Radiación de ondas electromagnéticas por una partícula cargada. Ecuación de Dirac-Lorentz.

3. Campos de Yang-Mills. Electrodinámica escalar. Grupo de calibración nonh-abeliana. Campos de Yang-Mills auto-duales. Violación espontánea de la simetría. Soluciones mono polares de ecuaciones de Yang-Mills.

4. Gravitación: Campo gravitacional en la teoría relativista. Teoría lineal del campo libre sin masa con el espin 2. Interacción con materia. Campo gravitacional y la métrica. Invariancia de calibración y curvatura. Ecuaciones de Einstein.

Bibliografía Básica:

- D.V. Galtzov, Y.B.Gratz, V.C. Zhukovskii. Campos Clásicos. (Universidad de Moscu, 1991) en ruso.

Bibliografía Complementaria:

- L. D. Landau and E. M. Lifshitz, The classical theory of fields (Course of theoretical physics), 4th edition, Butterworth-Heinemann (1995).
- J. D. Jackson, Classical electrodynamics, 3nd. Edition. Wiley, 1999.

Actas del consejo de Unidad por el

Aprobación y actualización

UNIDAD ACADÉMICA
DE FÍSICA

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"
Calzada Solidaridad Esquina con Paseo la Bufa S/N C.P. 98060,
Zacatecas, Zac. México
Tel y Fax (492)9241314 ó (492)39407 ext 2201 http://planck.reduaz.mx

Con base a los acuerdos tomados en la reunión del 14 de Septiembre de 2011, el Honorable Consejo de Unidad de la Unidad Académica de Física emite el presente

DICTAMEN

Acorde a la solicitud presentada para realizar las acciones necesarias para atender las recomendaciones sugeridas por el comité evaluador al programa de Maestría en Ciencias Físicas de la UAF dentro de la convocatoria 2011-2012 del Programa Nacional de Posgrados de Calidad de CONACyT

Se acuerda por Unanimidad autorizar los trabajos para atender las recomendaciones, y realizar las acciones necesarias para este fin, a petición del responsable del programa de Maestría, Dr. Felipe Román Puch Ceballos.

Zacatecas, Zac. A 19 de Septiembre de 2011

UNIDAD ACADÉMICA DE FÍSICA
QUAERENS PRO VERITATEM MUNDI

Dr. José de Jesús Araiza Ibarra
Presidente
H. Consejo de Unidad

Dr. Jesús Madrigal Melchor
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector de Docentes

Dr. Hugo Tlatoztintle Huitle
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector Docentes

M. en C. Juan Ortiz Saavedra
Consejero de Unidad por el Programa de Maestría Sector de Docentes

C. Govani Rodríguez Arellano
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura Sector de Estudiantes

UNIDAD ACADÉMICA
DE FÍSICA

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"
Calzada Solidaridad Esquina con Paseo la Bufa S/N C.P.. 98060,
Zacatecas, Zac. México

Tel y Fax (492)9241314 ó (492)39407 ext 2201 http://planck.reduaz.mx

Con base a los acuerdos tomados en la reunión del 21 de Abril de 2010, el Honorable Consejo de Unidad de la Unidad Académica de Física emite el presente

DICTAMEN

Acorde a la solicitud para se autorice el cambio el nombre al programa académico de Maestría en Física, así como para que se mandate la reestructuración integral del mismo, con el fin de actualizar el mapa curricular, la legislación interna, el perfil de egreso y demás cosas que se consideren pertinentes.

Se acuerda por Unanimidad dar el aval para que se realicen las acciones pertinentes para cambiar el nombre al programa académico de Maestría en Física, así como para la reestructuración integral del mismo, a petición del responsable de la Maestría en Física, Dr. Felipe Román Puch Ceballos

Zacatecas, Zac. A 21 de Abril de 2010

UNIDAD ACADÉMICA DE FÍSICA
SEMPER PROMMITATEM MUNDI
ADMINISTRACION 2008-2012

Dr. José de Jesús Araiza Ibarra
Presidente
H. Consejo de Unidad

Dr. Andrei Chubykalo
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector de Docentes

Dr. Tonatiuh Saucedo Anaya
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura Sector de Docentes

Dr. Isaac Rodríguez Vargas
Consejero de Unidad por el Programa de Maestría sector de Docentes

C. Karla Arely Rodríguez Magdaleno
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura Sector de Estudiantes

C. Johanna Lizbeth Rodríguez Ibarra
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura Sector de Estudiantes

UNIDAD ACADÉMICA
DE FÍSICA

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"
Calzada Solidaridad Esquina con Paseo la Bufa S/N C.P. 98060,
Zacatecas, Zac. México
Tel y Fax (492)9241314 ó (492)39407 ext 2201 http://planck.reduaz.mx

Con base a los acuerdos tomados en la reunión del 3 de junio de 2010, el Honorable Consejo de Unidad de la Unidad Académica de Física emite el presente

DICTAMEN

Acorde a la solicitud presentada para un nuevo nombre y nuevo plan de estudios para programa de Maestría que oferta la Unidad Académica de Física

Se acuerda por Unanimidad aprobar el nombre de Maestría en Ciencias Físicas para el programa académico, así como el plan de estudios presentado junto a esta solicitud. Se aprueba además que se le de seguimiento correspondiente ante las instancias internas y externas para su implementación e incorporación a la oferta educativa de la Unidad Académica de Física, a petición del responsable del programa de Maestría, Dr. Felipe Román Puch Ceballos.

Zacatecas, Zac. A 3 de junio de 2010

UNIDAD ACADÉMICA DE FÍSICA
SAPIENS PROXIMITATEM MUNDI
ADMINISTRACIÓN 2008-2012

Dr. José de Jesús Araiza Ibarra
Presidente
H. Consejo de Unidad

Dr. Andrei Chubykalo
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector de Docentes

Dr. Tonatiuh Saucedo Anaya
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura Sector de Docentes

Dr. Isaac Rodríguez Vargas
Consejero de Unidad por el Programa de Maestría sector de Docentes

C. Karla Arely Rodríguez Magdaleno
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura Sector de Estudiantes

C. Johanna Lizbeth Rodríguez Ibarra
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura Sector de Estudiantes

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"
Calzada Solidaridad Esquina con Paseo la Bufa S/N C.P. 98060,
Zacatecas, Zac. México
Tel y Fax (492)9241314 ó (492)39407 ext 2201 http://planck.reduaz.mx

UNIDAD ACADÉMICA
DE FÍSICA

Con base a los acuerdos tomados en la reunión del 12 de noviembre de 2012, el Honorable Consejo de Unidad de la Unidad Académica de Física emite el presente

DICTAMEN

Atendiendo la solicitud para adecuar los requisitos de ingreso y egreso referentes a los niveles de ingles de los programas de Licenciatura en Física y Maestría en Ciencias Físicas, de tal manera que estén articulados y referenciados acorde al CENNI-SEP (Certificación de Nivel del idioma dela secretaria de educación publica, se resuelve lo siguiente

Se acuerda por Unanimidad de modificación de los requisitos de ingreso y egreso de la Licenciatura en Física y Maestría en Ciencias Físicas, para que estén articulados y referenciados al CENNI-SEP, según la propuesta presentada, a petición de los responsables del programa de Maestría, Dr. Felipe Román Puch Ceballos, y del programa de Licenciatura, Dr. Isaac Rodríguez Vargas.

Zacatecas, Zac. a 12 de noviembre de 2012

UNIDAD ACADÉMICA DE FÍSICA
QUAERENS PROXIMUM TEM MUNDI

Dr. Sinhue Lisandro Hinojoza Ruiz
Presidente
H. Consejo de Unidad

Dr. Rumen Ivanov Tzonchev
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector de Docentes

D. Lariza C.
C. Denisse Lariza Campos Cardenas
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector Estudiantes

JulioCLópezD
Dr. Julio Cesar López Domínguez
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector de Docentes

Fátima Sandoval J.
C. Fatima Reyna Sandoval Jimenez
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector Estudiantes

Dr. Carlos Ortiz González
Consejero de Unidad por el Programa de Maestría sector de Docentes

Lic. Francisco Bramasco Camacho
Consejero de Unidad por el Programa de Maestría sector Estudiantes

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"
Calzada Solidaridad Esquina con Paseo la Bufa S/N C.P.. 98060,
Zacatecas, Zac. México
Tel y Fax (492)9241314 ó (492)39407 ext 2201 http://planck.reduaz.mx

UNIDAD ACADÉMICA
DE FÍSICA

Con base a los acuerdos tomados en la reunión del 1 de octubre de 2013, el Honorable Consejo de Unidad de la Unidad Académica de Física emite el presente

DICTAMEN

Atendiendo la solicitud de modificación del reglamento interno de la Maestría en Ciencias Físicas, en particular la derogación dentro de la misma de la figura académico-administrativa de comité académico de la Maestría en Ciencias Físicas, y de todas sus funciones y facultades.

Se acuerda por Unanimidad la derogación de la figura de comité académico de la Maestría en Ciencias Físicas, y de todas sus funciones y facultades, a petición del responsable del programa de Maestría, Dr. Felipe Román Puch Ceballos.

Zacatecas, Zac., a 1 de octubre de 2015

Dr. Sinhue Lisandro Hinojoza Ruiz
Presidente
H. Consejo de Unidad

UNIDAD ACADÉMICA DE FÍSICA
QUAERENS DOMINITATEM MUNDI

Dr. Rumen Ivanov Tzonchev
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector de Docentes

C. Denisse Lariza Campos Cardenas
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector Estudiantes

Dr. Julio Cesar López Domínguez
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector de Docentes

C. Fatima Reyna Sandoval Jimenez
Consejero de Unidad por el Programa de Licenciatura sector Estudiantes

Dr. Carlos Ortiz González
Consejero de Unidad por el Programa de Maestría sector de Docentes

Lic. Francisco Bramasco Camacho
Consejero de Unidad por el Programa de Maestría sector Estudiantes