
CENTRO DE CIENCIAS FÍSICAS

Dr. Jorge Andrés Flores Valdés
Director
(octubre de 1998)

El Centro de Ciencias Físicas (CCFI) fue creado por el H. Consejo Universitario en 1998. Es heredero del Laboratorio de Cuernavaca del IFUNAM y de la Unidad Cuernavaca del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, establecidos hace más de dos décadas. El CCFI forma parte del *Campus* Morelos de la UNAM, junto con los Centros de Ciencias Genómicas, de Investigación en Energía, el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, la Unidad de Matemáticas del Instituto de Matemáticas y el Instituto de Biotecnología. Ésta es la mayor concentración de investigadores de la UNAM con excepción del *Campus* de Ciudad Universitaria. Con todas estas entidades académicas existe un enorme potencial para establecer colaboraciones de trabajo.

El Centro está organizado en cuatro áreas de investigación: Biofísica y Ciencia de Materiales, Física Atómica, Molecular y Óptica Experimentales, Física Teórica y Física No lineal. Como su nombre lo indica, en él se tratan diversos temas de la física y ciencias conexas como son biofísica, ciencia de materiales y astrofísica. Se trabaja, desde el punto de vista teórico, en estado sólido, sistemas complejos, biológicos, física atómica y molecular, óptica, mecánica estadística y física matemática. Desde el punto de vista experimental, se estudia la interacción entre átomos, moléculas y fotones, corrosión, vibraciones elásticas, física de plasmas y membranas biológicas.

Los grupos de investigación en que está organizado y el personal académico asociado a ellas son:

- ▶ ***Biofísica y Ciencia de Materiales:*** Dr. José Luis Albarrán Gómez, Dra. Maura Casales Díaz, Dr. Osvaldo Flores Cedillo, Dr. Ramón Garduño Juárez, M. en C. Javier González Damián, Anselmo González Trujillo, M. en M. René Guardián Tapia, Dr. Jorge Hernández Cobos, Dr. Lorenzo Martínez Gómez, Dr. Iván Ortega Blake, Dr. Ramiro Pérez Campos, Dr. Humberto Saint Martín Posada.
 - ▶ ***Física Atómica, Molecular y Óptica Experimentales:*** Dr. Ignacio Álvarez Torres, Ing. Armando Bustos Gómez,
-

Dra. Carmen Cisneros Gudiño, Dr. Jaime de Urquijo Carmona, M. en C. Alfonso Guerrero Tapia, Fís. Luis Gutiérrez, Dr. Guillermo Hinojosa Aguirre, Dr. Antonio Juárez Reyes, Dr. Horacio Martínez Valencia, Dr. Alejandro Morales Mori.

- ▶ **Física Teórica:** Dr. Alejandro Amaya Tapia, Dr. Armando Antillón Díaz, Dr. Alejandro Frank Hoeflich (hasta junio 2004), Dr. Gabriel Germán Velarde, Dr. Agustín González Flores, Dra. Gloria Koenigsberger Horowitz, Quím. Guillermo Kröttsch Gómez, Dr. Jesús A. Maytorena Córdova, Dr. Wolf Luis Mochán Backal, Dr. George S. Pogosyan Kerapetyan, Dr. José Fco. Récamier Angelini, Dr. Gabriel Vázquez Torres, Dr. Kurt Bernardo Wolf Bogner.
- ▶ **Física No Lineal:** Dr. Maximino Aldana González, Dr. Gursoy Bozkurt Akguc, Dr. Luis Benet Fernández, Dr. Marc Bienert, Dr. Christof Jung Kohl, Dr. Sergey Kun Yurievich, Dr. Hernán Larralde Ridaura, Dr. Francois Leyvraz Waltz, Dr. Gustavo Martínez Mekler, Dr. Rafael A. Méndez Sánchez, Dr. Marco Antonio Rivera Islas, Dr. Thomas Seligman Schurch.

En el año, trabajan en el Centro cerca de 40 investigadores, de los cuales dos son eméritos, trece son investigadores titulares "C" y once ocupan el nivel III del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), lo cual muestra que es una institución de investigación muy madura. Aproximadamente dos terceras partes de los investigadores son teóricos y el resto se dedican a la física experimental en cuatro laboratorios: Biofísica, Ciencia de Materiales, Física Atómica, Molecular y Óptica, así como Vibraciones Elásticas.

La producción científica del CCFI es muy satisfactoria. En términos de las publicaciones en revistas indizadas, desde la creación del Centro hasta la fecha, la producción promedio por investigador por año oscila entre 1.8 y 2.5 artículos, lo cual significa que la productividad del Centro es una de las más altas de la UNAM. Cabe mencionar que el parámetro de impacto promedio de las revistas en las que publica el personal del CCFI, se ha mantenido también entre 1.7 y 2.1, números que pueden ser considerados grandes en el caso particular de las ciencias físicas.

Una muestra del reconocimiento a los investigadores del CCFI es el número de citas independientes que han recibido: seis investigadores han obtenido más de 1,000, seis entre 500 y 100 y nueve entre 100 y 500.

El personal académico del CCFI participa en la obtención de fondos para el financiamiento de sus investigaciones. De esta manera, durante los últimos años, más del 60 por ciento de los investigadores ha sido responsable o corresponsable de proyectos con financiamiento.

Se han establecido colaboraciones de trabajo con múltiples instituciones. Los investigadores tienen publicaciones conjuntas con 15 entidades académicas de la UNAM, con al menos diez universidades estatales y centros públicos de investigación mexicanos y con más de cinco decenas de centros extranjeros de investigación.

Se organizaron dos reuniones de carácter internacional, *XXV Group Theoretical Methods in Physics* en Coyoac, Morelos y *Quantum Chaos in the XXI Century* en Cuernavaca. Además, se llevó a cabo la *XII Escuela de Verano en Física* en colaboración con el Instituto de Física de la UNAM y la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

El CCFI participa como entidad académica en el Posgrado en Ciencias Físicas; además, colabora con el Posgrado en Ciencias Químicas, ambos de la UNAM. Ha realizado una importante labor de cooperación con la UAEM, la mayoría del personal académico del Centro imparten clases ya sea en la UNAM o en la UAEM. Además, los miembros del CCFI han dirigido desde su llegada a Morelos 56 tesis de doctorado,

25 de maestría y 146 de licenciatura. Sin embargo, el CCFI podría educar a un mayor número de estudiantes, para aumentar la cantidad de estudiantes asociados al Centro será necesario llevar a cabo un ambicioso plan de becas y de promoción a nivel nacional.

A continuación se presenta una descripción cualitativa de los proyectos de investigación que se desarrollan en el Centro:

Biofísica-Materiales

√ *Corrosión.*

José Luis Albarrán, Bernardo Campillo, Lorenzo Martínez, Ramiro Pérez.

Se estudian los procesos de interacción entre superficies y medios ambientes agresivos, los cuales conducen a la degradación y falla de los materiales. Se realiza investigación sistemática de formas de corrosión: electroquímica, microbiológica, corrosión por H₂S y CO₂ y también por alta temperatura. Se estudian los mecanismos de propagación de grietas asistidas por la corrosión. Se investigan nuevas aleaciones de alta resistencia a la corrosión a la alta temperatura incluyendo sistemas intermetálicos y recubrimientos metálicos y cerámicos. Se estudian sistemas de protección catódica, inhibidores de corrosión nanoestructurados, recubrimientos y otras formas de control de la corrosión.

√ *Microestructura de Materiales Avanzados.*

José Luis Albarrán, Bernardo Campillo, Lorenzo Martínez, Ramiro Pérez.

Se investigan los efectos de la microestructura sobre las propiedades físicas y químicas de materiales avanzados. Se estudian también aleaciones base níquel utilizadas en la industria nuclear de generación de energía. Se analizan las interacciones del hidrógeno con los defectos de la matriz, precipitados, inclusiones y fronteras de grano. Mediante la adición de partículas de tamaño nanométrico en materiales amorfos, se ha logrado incrementar su resistencia a la fractura.

√ *Síntesis y Procesamiento de Materiales.*

José Luis Albarrán, Bernardo Campillo, Lorenzo Martínez.

Se investigan los parámetros de procesamiento y síntesis de nuevos materiales con el objetivo de evaluar sus propiedades físicas y químicas. Se estudia también la modificación de las propiedades mecánicas, como el esfuerzo de cedencia, módulo de elasticidad, última resistencia a la tensión y porcentaje de deformación.

√ *Modelos Moleculares y Cálculos ab-initio.*

Jorge Hernández, Iván Ortega, Humberto Saint Martín.

Se desarrollan potenciales de interacción intermoleculares a partir de cálculos ab-initio para ser utilizados en simulaciones numéricas de diferentes compuestos en el estado líquido. En particular se estudian soluciones acuosas que sirven como modelos para el estudio de diferentes problemas en el área de biofísica.

√ *Transporte y Membranas Biológicas.*

Iván Ortega.

Se realizan observaciones experimentales de electrofisiología de canal unitario, buscando las bases moleculares de algunos antibióticos. Las propiedades fisico-químicas de las membranas se estudian por microscopía de fuerza atómica. Se ha caracterizado el canal de anfotericina, en particular su respuesta a agentes estructurales de la membrana biológica, como la temperatura y los esteroides. Se busca demostrar que la selectividad de la droga se basa en las diferencias estructurales de las distintas membranas y no en la acción química del esteroide sobre la anfotericina.

√ *Fisicoquímica de Procesos no Covalentes.*

Ramón Garduño.

Se realizan estudios sobre la dinámica de procesos biológicos no covalentes al nivel molecular empleando metaheurísticos y simulaciones de dinámica molecular. Los metaheurísticos empleados (algoritmos genéticos, búsqueda tabú, recocido simulado, etc.) se emplean en la predicción de la estructura 3D de proteínas a partir de la secuencia de sus aminoácidos. Nuestra meta es coadyuvar a resolver el problema del plegado de proteínas y a participar en la era genómica. Las simulaciones de dinámica molecular están dirigidas a entender los procesos de estero selectividad que presentan algunas moléculas biológicas por sus huéspedes quirales. Se busca, sentar las bases moleculares de estos procesos con el propósito de diseñar nuevos fármacos

Física Atómica, Molecular y Óptica Experimentales√ *Estudio Teórico-Experimental de Interacciones Atómicas y Moleculares.*

Alejandro Amaya, Horacio Martínez.

Los procesos de captura, ionización, excitación y disociación en colisiones atómicas y moleculares han sido estudiados desde hace años tanto desde el punto de vista teórico como experimental. Gracias a los nuevos desarrollos experimentales y a los avances en los modelos teóricos, se han observado y encontrado efectos novedosos que han llevado a un renovado interés en estos procesos. Se continuará estudiando la interacción de iones atómicos/moleculares con átomos y moléculas tanto desde el punto de vista teórico como mediante las mediciones de distribuciones angulares, distribuciones de energía y de las secciones eficaces totales. Asimismo, se extenderá nuestro programa de investigación al estudio teórico-experimental de la interacción fotón-ión/átomo/molécula.

√ *Espectroscopía de Descargas Luminescentes.*

Jaime de Urquijo, Horacio Martínez.

Se obtienen datos sobre estados particulares de los sistemas atómicos en un amplio intervalo de energía y temperatura, para producir modelos detallados de las emisiones espectrales y del balance de las reacciones en ambientes atmosféricos. Conviene resaltar el hecho de que las secciones eficaces no sólo constituyen una fuente fundamental de datos para la física de la atmósfera, de los astros y de los plasmas, sino que también son importantes para la comprensión de las colisiones entre átomos e iones. Se estudian las descargas luminescentes de compuestos atmosféricos mediante la caracterización eléctrica y óptica del plasma, con las cuales se modelarán los procesos que se llevan a cabo en la descarga.

√ *Plasmas de Baja Temperatura.*

Jaime de Urquijo, Guillermo Hinojosa, Antonio Juárez.

Los procesos fundamentales de ionización, transporte y transferencia de carga influyen fuertemente en el comportamiento de los plasmas de baja temperatura (.025-200 eV). La medición y cálculo de los coeficientes y tasas relativas a los procesos mencionados es el objetivo fundamental de este programa. Los proyectos a largo plazo comprenden el estudio a fondo de los procesos que dan origen a la formación de cúmulos iónico-moleculares, los procesos de relajación de la movilidad en los plasmas, y en particular en aquellos que están compuestos de mezclas gaseosas. A la fecha se trabaja en estrecha colaboración con grupos de teóricos para conseguir una interpretación profunda de la dinámica de los fenómenos multicolisionales. Paralelamente a lo anterior, se encuentra en etapa de desarrollo el proyecto de espectrometría de masas por movilidad iónica.

√ *Estudio de Efectos Magneto Ópticos en Gases y Espectroscopía Optogalvánica de Plasmas.*

Jaime de Urquijo, Antonio Juárez.

Se estudia la variación de las propiedades ópticas en medios gaseosos bajo la influencia de un campo

magnético variable. En particular, el cambio en la polarización de la luz producida por fluorescencia en el átomo, como función del campo magnético. Éste se conoce con el nombre de efecto Hanle y da una medida precisa de variables cuánticas como la decoherencia de niveles magnéticos degenerados, la determinación del tiempo de vida de estados excitados y la interferencia de estados cuánticos cercanos entre sí. Se plantea el estudio de estados altamente excitados y en los cuales han sido poco estudiados. La espectroscopia optogalvánica de plasmas permite estudiar los estados metaestables y su influencia en la ionización del plasma. Para tal efecto, se estudia la variación de la conductividad del plasma cuando se inhiben o promueven determinados estados metaestables al nivel de ionización.

✓ *Procesos de Interacción de Átomos o Moléculas con Láseres.*

Ignacio Álvarez, Carmen Cisneros.

Se realiza espectroscopía de tiempo de vuelo de átomos o moléculas ionizados y/o disociados mediante la interacción de un sistema de láser Nd: YAG-MOPO (Master Optical Parametric Oscillator) con haces atómicos o moleculares pulsados, un analizador esférico para detectar los fotoelectrones provenientes de procesos de absorción multifotónica y un chaneltrón para detectar partículas cargadas.

✓ *Procesos de Colisiones de iones Simple y Múltiplemente Cargados o de Electrones con Átomos o Moléculas.*

Ignacio Álvarez, Carmen Cisneros.

Se estudian los procesos de pérdida o captura electrónica de haces monoenergéticos de iones atómicos o moleculares en blancos gaseosos, así como los procesos de disociación molecular producidos en las colisiones de moléculas en gases, y los procesos de excitación e ionización de átomos por impacto electrónico.

✓ *Interacción ión-fotón.*

Ignacio Álvarez, Carmen Cisneros, Guillermo Hinojosa.

La idea es obtener un conocimiento profundo de las interacciones multielectrónicas que gobiernan los procesos que ocurren en plasmas, láseres de rayos X y atmósferas interestelares. El sistema para estudiar reacciones ión-fotón se encuentra en el laboratorio Advanced Light Source (ALS) de Berkeley.

✓ *Nitruración de Materiales por Plasmas.*

José Luis Albarrán, Bernardo Campillo, Horacio Martínez.

Se estudia la modificación de las propiedades físicas y químicas de la superficie de un sólido causada por nitruración con plasmas. Las propiedades que se modifican pueden ser eléctricas, ópticas o mecánicas, y pueden relacionarse con el comportamiento semiconductor de un material o ante la corrosión.

✓ *Vibraciones Elásticas en una Barra.*

Jorge Flores, Rafael Méndez, Alejandro Morales.

Se analizan tanto desde el punto de vista experimental como numérico las funciones de onda y las frecuencias de los modos normales para sistemas elásticos de una y dos dimensiones, con obstáculos distribuidos de distintas maneras. Muchos de estos sistemas son útiles como análogos clásicos de diversos sistemas cuánticos.

Física Teórica

✓ *Agregados Fractales.*

Agustín González, Jesús Maytorena, W. Luis Mochán.

La agregación de partículas coloidales suele conducir a la formación de coágulos con geometría fractal.

La dimensión fractal ha sido muy empleada en el estudio e identificación de los mecanismos presentes en el proceso de coagulación y de su cinética y dinámica. El estudio de los fenómenos de agregación coloidal es importante porque ocurre en una gran cantidad de procesos del mundo real. Las técnicas experimentales empleadas para caracterizar estas estructuras están basadas en métodos ópticos no invasivos por lo que es fundamental entender la relación entre la estructura geométrica y las propiedades ópticas. Por otra parte, en años recientes surgió una nueva línea de investigación que consiste en la simulación por computadora de los procesos de agregación. Las simulaciones han llegado a tal grado de sofisticación que ha sido posible utilizarlas para probar ideas concernientes al comportamiento real de estos sistemas. Se llevan a cabo simulaciones de la heterocoagulación en donde se trata de dilucidar la estructura y el comportamiento dinámico de los agregados coloidales compuestos de partículas de diferentes especies, de coagulación con sedimentación y depositación en donde se considera el efecto del campo gravitatorio que actúa durante el proceso de la agregación coloidal nanodispersa. Se estudian también nuevos efectos en la agregación bidimensional y la transición sol-gel en la agregación coloidal.

√ *Microláseres y Resonadores Caóticos.*

Armando Antillón.

El propósito principal es investigar geometrías bidimensionales de tamaño microscópico que puedan ser utilizadas como fuentes de radiación coherente. Este tema se enmarca en la necesidad de contar con circuitos electrónicos u optoelectrónicos más eficientes y de menor tamaño. Se contempla el estudio sistemático de cavidades con dos o más medios dieléctricos, en particular, el caso de una cavidad elíptica dieléctrica que contiene una inclusión también elíptica. El problema clásico correspondiente es el de un billar elíptico inmerso en otro. Para el estudio de este sistema se considerará la conexión entre los formalismos de rayos (clásico) y ondulatorio (cuántico) de las cavidades a través de la aplicación de nuevas representaciones sobre un espacio fase de ángulo-parámetro de impacto. Se planea utilizar estos métodos en la obtención de modos con características de eficiencia y direccionalidad deseables en aplicaciones en microcavidades láser.

√ *Generación Óptica de Segundo Armónico por Partículas Pequeñas.*

Jesús Maytorena, W. Luis Mochán, José Récamier.

La física de superficies ha tenido un enorme desarrollo gracias a la creación de nuevas técnicas experimentales. Las técnicas ópticas no lineales han mostrado una gran sensibilidad a las condiciones de la superficie así como a diversos procesos que allí tienen lugar. Estas técnicas se basan en la generación de procesos ópticos no lineales de segundo orden. Sus aplicaciones abarcan temas tales como el monitoreo de procesos dinámicos superficiales, el estudio de reacciones químicas con resolución temporal de picosegundos, estudios de estructura de superficies, entre muchos otros. Estudiaremos la generación de segundo armónico y suma y resta de frecuencias de nanopartículas individuales y de arreglos de nanopartículas y aplicaremos nuestros resultados a la interpretación de experimentos como la observación de segundo armónico por nanoesferas semiconductoras inmersas en memorias flash y nanopartículas cubiertas por pigmentos en soluciones coloidales. A partir de los resultados que hemos obtenido en el estudio de la generación de segundo armónico por partículas pequeñas, se desprende la factibilidad de emplear la luz generada en el segundo armónico por una nanopartícula sostenida por una nanoguía para muestrear su entorno mediante microscopía óptica de barrido. Nos proponemos explorar esta idea para proponer un nuevo nanoscopio óptico con resolución de profundidad.

√ *Fuerzas de Casimir.*

W. Luis Mochán.

Las fluctuaciones del campo electromagnético en cavidades con paredes reflectoras dan origen a una fuerza de atracción entre dichas superficies. El estudio usual de las fuerzas de Casimir parte de

suposiciones que no se cumplen en sistemas reales, tales como la ausencia de procesos disipativos y del empleo de modelos demasiado simplistas. Estudiaremos las fuerzas de Casimir en materiales reales empleando una nueva formulación que incorpora efectos tales y como la disipación, la no localidad de la respuesta electrónica y el perfil de la densidad electrónica en superficies.

✓ *Decoherencia y Manipulación de Estados Cuánticos.*

Marc Bienert, José Récamier, Thomas Seligman.

Decoherencia es la rápida transformación de un estado puro en una mezcla estadística. En algunos casos el proceso puede ser descrito como un flujo irreversible de información del sistema a los alrededores, en este caso, la energía es una cantidad generalmente no conservada. Otra posibilidad es cuando se tienen fluctuaciones de algún parámetro clásico o alguna variable interna del sistema. Este tipo de decoherencia conserva la energía y la evolución temporal se describe por medio de un operador unitario; sin embargo, predicciones estadísticas se obtienen después de un alto número de repeticiones del experimento y es aquí en donde entra la decoherencia debido al carácter aleatorio de la variable clásica fluctuante. Los resultados experimentales corresponden a un promedio sobre estas fluctuaciones y describen una evolución efectiva no unitaria. En vapores atómicos, una fuente de decoherencia del estado magnético son las colisiones. La clave para suprimir estas transiciones decoherentes es perturbar las amplitudes de los estados relevantes en una escala temporal corta con respecto a los tiempos de la duración de una colisión. Es posible aplicar pulsos ultra-rápidos (fs) durante una colisión de manera que se inhiba la decoherencia del estado magnético; como consecuencia, es posible conservar la coherencia del estado magnético en presencia de colisiones. Entender el mecanismo de decoherencia cuántica es importante para tener una idea acerca de la frontera entre el mundo clásico y el cuántico. Aparte de este aspecto fundamental, la decoherencia cuántica es relevante para aplicaciones novedosas como la computación cuántica.

✓ *Espectroscopía y Fotoquímica de Moléculas Pequeñas.*

Gabriel Vázquez Torres.

Este proyecto se enfoca al estudio de la espectroscopía de moléculas pequeñas en fase gaseosa. Consiste en realizar cálculos ab-initio SCF-CI de estructura electrónica de diversos tipos de especies moleculares. Los cálculos proporcionan información acerca de energías de excitación, de ionización, de disociación, afinidades electrónicas y curvas y superficies de potencial para el estudio de dinámica molecular. El estudio está dirigido principalmente a especies de interés atmosférico y astrofísico.

✓ *Modelos Cosmológicos de Precisión.*

Gabriel Germán Velarde.

La propuesta consiste en estudiar modelos de inflación y quintaesencia dentro del contexto de teorías de partículas. Recientemente se ha logrado la determinación de parámetros cosmológicos con cierta precisión. Se pretende utilizar los datos obtenidos para la construcción de modelos basados en física de partículas para investigar algunas de las predicciones de las teorías de partículas las cuales no pueden ser exploradas en aceleradores debido a las altas energías involucradas.

✓ *Procesos de Interacción en Sistemas Binarios Estelares.*

Gloria Koenigsberger.

Se realiza investigación sobre los efectos producidos por los diversos tipos de interacción que se pueden presentar en sistemas compuestos de dos estrellas. Mediante modelos numéricos, se estudia la respuesta de la superficie de una estrella a la perturbación producida por el campo gravitacional de un objeto cercano en órbita alrededor de ella; se efectúan cálculos para modelar las líneas espectrales en emisión producidas por un viento estelar en presencia del campo radiativo de una compañera; se utilizan los observatorios espaciales para analizar en las bandas del ultravioleta y rayos-X los efectos que la interacción causa sobre los espectros de estos sistemas.

Física No Lineal√ *Caos Clásico, Cuántico y Sistemas de Muchas Partículas.*

Gursoy Akguc, Luis Benet, Christof Jung, Francois Leyvraz, Rafael Méndez, Thomas Seligman.
Una importante línea de investigación es el estudio del caos en mecánica clásica y sus manifestaciones en mecánica cuántica. Se han estudiado billares para emular sistemas mesoscópicos y se ha logrado establecer un contacto cercano con trabajos experimentales. Se ha aplicado la teoría de matrices aleatorias (RMT) en muchos contextos incluyendo decoherencia y en modelos de muchos cuerpos interactuantes. En los próximos años nuestros trabajos se enfocarán en sistemas mesoscópicos realistas como cavidades de microondas y sistemas elásticos. Se estudiarán las desviaciones de RMT en sistemas mesoscópicos y se incursionará en las teorías de transporte de ondas para sistemas no lineales. Se profundizará en aplicaciones de dispersión caótica cuántica, lo que es de particular interés para los experimentales en el caso de sistemas con varios grados de libertad.

√ *Dispersión Caótica.*

Gursoy Akguc, Luis Benet, Christof Jung, Thomas Seligman.
El problema inverso de la dispersión caótica involucra, a partir de mediciones asintóticas, la reconstrucción de propiedades del conjunto invariante del sistema en cuestión, en particular, medidas que caractericen el caos y la topología. Para los próximos años desarrollaremos la clasificación de las singularidades de secciones diferenciales transversales y la generalización a sistemas de más de tres grados de libertad.

√ *Astronomía Dinámica y Mecánica Celeste.*

Luis Benet, Thomas Seligman.
Una aplicación de los métodos de dispersión caótica se encuentra en la mecánica celeste. Aquí se estudia en detalle el conjunto invariante (silla caótica) del problema restringido plano de tres cuerpos. En el futuro se investigarán situaciones en las que el sistema tiene más de dos grados de libertad. Se investigarán las consecuencias estadísticas de ciertos modelos de formación de sistemas solares para contrastarlas con las mediciones que se tienen de sistemas exosolares.

√ *Sistemas Lejos de Equilibrio.*

Hernán Larralde, Francois Leyvraz.
Mientras la mecánica estadística ha encontrado una manera sencilla y unificada para describir sistemas en equilibrio, los sistemas fuera de equilibrio todavía representan un tema del que se sabe muy poco. En el Centro se trabajan varios tipos de sistemas lejos del equilibrio, en particular, transporte de calor y masa, metaestabilidad y agregación irreversible.

√ *Procesos Estocásticos.*

Maximino Aldana, Hernán Larralde, Francois Leyvraz, Gustavo Martínez.
Se cuenta con una amplia experiencia en el contexto de caminatas aleatorias y procesos Markovianos en general. Se continuarán estudiando las propiedades estadísticas de este tipo de sistemas, sus aplicaciones dentro y fuera de la física así como sus extensiones a procesos correlacionados y a procesos con memoria. Se estudiarán máquinas moleculares sujetas a ruido externo.

√ *Dinámica No lineal de Sistemas Disipativos y Extendidos.*

Maximino Aldana, Hernán Larralde, Francois Leyvraz, Gustavo Martínez, Marco Rivera.
El estudio de dinámicas complejas ha ocasionado una revisión de conceptos básicos de determinismo, predictabilidad, control y estocasticidad. Dinámicas deterministas no lineales pueden presentar tanto comportamientos regulares como irregulares, caóticos con características aparentemente azarosas. Hemos

estudiado la evolución espacio temporal de sistemas extendidos espacialmente así como la relevancia de dinámicas transitorias, algunos aspectos de la formación de patrones, mecanismos de control y sincronización.

√ *Dinámica en Redes.*

Maximino Aldana, Hernán Larralde, Gustavo Martínez.

Recientemente ha surgido considerable interés por el estudio de redes complejas. La mayoría de los trabajos se ha enfocado al estudio de las propiedades topológicas de estas redes. Nuestra investigación se centra en el estudio de las propiedades dinámicas de las redes complejas presentes cuando los elementos de la red están provistos con alguna ley de interacción. En particular nos interesa la estabilidad y robustés de las dinámicas ante cambios en la topología de la red. Hemos demostrado la existencia de transiciones de fase dinámicas en redes neuronales con topologías aleatorias homogéneas; en el futuro estudiaremos las transiciones de fase dinámicas en redes neuronales con topologías de mundo pequeño y de escala libre.

√ *Biología Teórica.*

Maximino Aldana, Hernán Larralde, Gustavo Martínez, Rafael Méndez.

En el Centro se han realizado estudios sobre el origen de la vida y el código genético, replicación de ácidos nucleicos, dinámica inmunológica asociada al virus HIV del SIDA, evolución de las secuencias genéticas del HIV, embriogénesis del sapo, sucesión ecológica. Actualmente se trabaja en bioinformática, biología del desarrollo, dinámica de redes regulatorias biológicas, modelos de evolución, máquinas moleculares y transporte colectivo de organismos. Se iniciarán estudios relacionados con las neurociencias.

√ *Física Aplicada a Otras Disciplinas.*

Maximino Aldana, Hernán Larralde, Francois Leyvraz, Gustavo Martínez, Rafael Méndez, Thomas Seligman.

En el Centro se llevan a cabo diversas investigaciones de problemas del ámbito de otras disciplinas no contempladas en los proyectos anteriores, tales como: dinámica de poblaciones, econofísica y modelos de tránsito vehicular.

√ *Óptica Geométrica en Espacio Fase.*

Guillermo Krötzsch, Kurt Bernardo Wolf.

A diferencia del tratamiento tradicional de las aberraciones ópticas, el cual está diseñado para el análisis y corrección de sistemas ópticos que forman imagen, el tratamiento del modelo geométrico de la luz sobre el espacio fase –la variedad o conjunto de coordenadas y direcciones de rayos– permite el tratamiento de sistemas que no forman imagen, tales como los transformadores fraccionales de Fourier. Las aberraciones ópticas de espacio fase –se ha demostrado– están en correspondencia 1:1 con los estados del oscilador armónico cuántico 3-D, que a su vez pueden ser clasificadas por sistemas de subgrupos. El uso de álgebras y grupos de Lie permite también concatenar las aberraciones de subsistemas ópticos para obtener las aberraciones del sistema compuesto. En el contexto de la óptica matemática, se tratan también medios ópticos inhomogéneos (el ojo de pez de Maxwell) donde la luz se propaga en círculos, como la proyección estereográfica del movimiento de un punto masa sobre la superficie de una esfera. La aberración comática relativista y los medios anisotrópicos son otros capítulos que se han desarrollado en años recientes.

√ *Sistemas Ópticos Finitos.*

George Pogosyan, Kurt Bernardo Wolf.

Un sistema finito está formado por un conjunto finito de 'puntos dato' en sensores discretos, sujetos a la dinámica de un medio con las propiedades ópticas de una guía de ondas armónica. En dos

dimensiones puede visualizarse como una pantalla pixelada cuyos pixeles siguen coordenadas cartesianas (pantalla cuadrada), polares (pantalla circular), o genéricamente elípticas. El programa (conjunto con investigadores del Instituto de Matemáticas) se inició con el problema de definir una transformada finita de Fourier de orden fraccional (en analogía con los transformadores de Fourier ópticos), y esto llevó a reconocer una plétora de funciones especiales (polinomios discretos de Kravchuk, Meixner y Hahn), que eran conocidas en contextos de teoría de grupos muy diversos (funciones de Wigner, coeficientes de Clebsch-Gordan) a los cuales se les da ahora una interpretación física como funciones de onda que cumplen ecuaciones de Schrödinger' en diferencias, que tienen la dinámica del oscilador armónico. Cuando los puntos dato no están igualmente espaciados sino concentrados al centro (como el seno hiperbólico de los enteros) aplican las llamadas q-funciones especiales, cuya interpretación óptica es de nuestro interés.

√ *Funciones de Wigner: Pentagramas de Colores.*

George Pogosyan, Kurt Bernardo Wolf.

En el espacio fase de sistemas mecánicos u ópticos, ondulatorios, cuánticos o finitos, se define una función de distribución de cuasiprobabilidad llamada función de Wigner. Burdamente, ésta puede describirse como la partitura de la señal, pues muestra los tiempos y frecuencias instantáneas, pero respetando la relación de incertidumbre entre las dos variables canónicas conjugadas. Hemos analizado distintos sistemas mecánicos cuánticos (potenciales de Morse, Coulomb unidimensional, Pöschl-Teller, oscilador relativista de Kadishevsky) y ópticos (aberraciones individuales y medios de Kerr) en espacios de curvatura constante (plano, esfera, hiperboloide equilátero). En conjunto con investigadores de otras universidades, hemos definido y trabajado con una función de Wigner definida sobre el espacio de órbitas coadjuntas de cualquier álgebra de Lie. Esto permite –aplicado a la óptica– describir pulsos (típicamente de femtosegundos) en tiempo y espacio sobre un 'espacio meta-fase' de tres dimensiones asociada al álgebra de Heisenberg-Weyl. Permite también representar señales finitas mediante funciones de Wigner concentradas sobre una esfera, la cual toma el rol del espacio fase para sistemas finitos. La función de Wigner de spin, ampliamente usada en óptica cuántica, es una proyección de aquella definida por nosotros. Esperamos implementar un 'procesador' que tome por entrada la señal finita y despliegue en pantalla su contenido en espacio fase.

RESUMEN ESTADÍSTICO

1. PERSONAL ACADÉMICO		
Concepto	2003	2004
Investigadores	40	38
Investigadores con estudios de doctorado	40	40
Técnicos académicos	8	9
Académicos en SNI	38	36
Académicos con PRIDE	47	42

2. DOCENCIA		
Concepto	2003	2004
Total de cursos impartidos (grupo-asignatura)	52	56
Cursos impartidos en posgrado (grupo-asignatura o proyecto)	15	19
Cursos impartidos en licenciatura (grupo-asignatura)	35	37
Tesis dirigidas de posgrado	4	4
Tesis dirigidas de licenciatura	10	3
Alumnos que realizaron servicio social	15	20

3. INVESTIGACIÓN		
Concepto	2003	2004
Líneas de investigación	4	4
Proyectos de investigación desarrollados (concluidos o en proceso)	24	31
Proyectos de investigación concluidos	-	5
Proyectos financiados con recursos de la UNAM	12	17
Proyectos financiados con recursos externos	12	14
Productos de investigación		
Artículos publicados en revistas internacionales	86	69
Capítulos en libros	5	-
Libros publicados	1	3

4. DIVULGACIÓN Y EXTENSIÓN ¹				
Concepto	2003		2004	
	Eventos	Asistentes	Eventos	Asistentes
Congresos	2	300	2	500
Cursos	1	25	1	25
Seminarios	41	800	43	-

¹ Actividades organizadas por el Centro.

5. INTERCAMBIO ACADÉMICO		
Concepto	2003	2004
Total de investigadores que salieron de intercambio	36	3
Nacional	6	1
Al extranjero	30	2
Total de investigadores que se recibieron de intercambio	23	-
Nacional	2	-
Del extranjero	21	-

6. PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS		
Concepto	2003	2004
Premios otorgados a sus investigadores	1	2