

TÍTULO: Álgebra Universal			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Matemática, Doctorado en Ciencias de la Computación			

FUNDAMENTOS

El Álgebra Universal (AU) es el área de la matemática que estudia las (clases de) estructuras algebraicas abstractas, en contraste con el álgebra clásica que centra su investigación en (clases de) estructuras específicas, tales como grupos o reticulados. Nace a principios del siglo veinte con el propósito de desarrollar un marco formal en el que se puedan considerar y analizar estructuras algebraicas de diferente naturaleza. Con ese propósito se introduce la noción de álgebra como una estructura que consiste en un conjunto base (a veces llamado universo) equipado con operaciones de aridad finita. A partir de esta abstracción, en combinación con ideas fundacionales de la lógica de primer orden y su teoría de modelos, es posible generalizar resultados de clases particulares (e.g. los teoremas de isomorfismo de grupos, anillos, etc.). Si bien la posibilidad de abstraer y generalizar resultados válidos para estructuras particulares es una de las virtudes del AU, el área evolucionó rápidamente, consolidándose como un cuerpo de conocimiento con sus propias preguntas, teorías y métodos. Algunas subáreas importantes del AU moderna son la teoría de (Quasi)variedades (la cual se centra en clases de álgebras axiomatizables por sentencias de Horn universales), la teoría de Clones (que estudia los conjuntos de operaciones inducidos por los términos en un álgebra), representaciones por haces y su aplicación a preguntas de decidibilidad, etc. Una característica subyacente a estos tópicos (y a casi todos los tópicos enmarcados en el AU) es el foco en la interacción sintaxis-semántica, y muchos de los teoremas del área capturan propiedades de esta índole. En este sentido puede entenderse al AU como un área prima hermana de la Teoría de Modelos (TM). Una marcada diferencia es que en la TM la componente sintáctica está constituida por toda la Lógica de primer orden, mientras que en el AU se estudian ciertos fragmentos del primer orden (e.g., identidades, universales de Horn, etc.).

Pasado más de un siglo desde su concepción, el AU se ha transformado en un cuerpo de conocimiento vibrante de la matemática contemporánea. Sus técnicas y resultados permiten interacciones profundas y fructíferas con otras áreas, tales como el Álgebra Clásica, las Ciencias de la Computación (en particular la Complejidad Computacional) y la Lógica Algebraica, entre otras.

OBJETIVOS

El objetivo del curso es que la/el alumna/o adquiera un manejo fluido de los conceptos fundamentales del Álgebra Universal, y a partir de esto desarrolle una sólida comprensión de los resultados y técnicas expuestos a lo largo del curso.

PROGRAMA

Unidad I: Álgebras

Definición de álgebra de una signatura dada. Introducción y resultados básicos acerca de: subálgebras, homomorfismos y congruencias. Los tres teoremas de Isomorfismo.

Unidad II: Reticulados y Operadores de clausura algebraicos

Conjuntos parcialmente ordenados. Reticulados (algebraicos). Operadores de clausura (algebraicos). Vinculación entre reticulados y operadores de clausura. Conexiones de Galois.

Unidad III: Productos directos y subdirectos

Definición de productos (subdirectos). Álgebras directamente indescomponibles y (finitamente) subdirectamente irreducibles. Congruencias completamente meet- rreducibles. Pares de congruencias factor complementarias. El teorema de descomposición subdirecta de Birkhoff.

Unidad IV: Operadores de clase y variedades

Los operadores de clase para isomorfismos, subálgebras, imágenes homomórficas y productos. Composición de operadores y desigualdades.

Unidad V: Variedades, identidades y álgebras libres

Definición de variedad. Construcción de álgebras libres. El teorema HSP de Birkhoff.

Unidad VI: Condiciones de Malcev

Condiciones de Malcev para: permutabilidad de congruencias, distributividad de congruencias (Teorema de Jonsson), aritmeticidad (Teorema de Pixley).

PRÁCTICAS

Las actividades prácticas consistirán en la resolución de las guías de ejercicios, la supervisión se realizará por medio de la consulta en el aula.

BIBLIOGRAFÍA

A Course in Universal Algebra, S. Burris y H. P. Sankappanavar, 2012
Universal Algebra: Fundamentals and Selected Topics, C. Bergman, CRC Press, 2011

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Se tomarán dos exámenes parciales y se pedirán dos entregas de ejercicios seleccionados.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Se requiere la madurez matemática adquirida luego de un curso de estructuras matemáticas abstractas (grupos, reticulados, etc). Es muy deseable pero no excluyente el conocimiento del lenguaje básico de la lógica (términos, fórmulas).

TÍTULO: Algoritmos para la Toma de Decisiones			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 30 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Matemática			

FUNDAMENTOS

La toma de decisiones es un tema fundamental en la vida diaria, como hacerlos de manera óptima de acuerdo a las características del problema y de las restricciones de las acciones posibles es un de importancia tanto teóricamente como en la práctica

La idea central del curso es presentar algoritmos para toma de decisiones en ambientes multiagentes, es decir donde el resultado final no depende exclusivamente de una decisión sino de las decisiones de varios actores que participan en el problema. Obviamente el tema toca diferentes áreas de Matemática Aplicada como optimización y teoría de juegos.

OBJETIVOS

Los objetivos del curso son tres principalmente:

- 1) Desarrollar la teoría matemática necesaria para entender algoritmos para comprender los algoritmos estudiados.
- 2) Implementar eficientemente los algoritmos estudiados.
- 3) Aplicar a problemas concretos todo los conceptos y algoritmos vistos durante el curso.

PROGRAMA

Unidad I: Razonamiento Multiagente

Razonamiento multiagente. Juegos simples . Modelos de respuesta. Equilibrio de estrategia dominante. Equilibrio de Nash. Equilibrio correlacionado. Mejor respuesta iterada. Softmax jerárquico. Juego ficticio. Ascenso por el gradiente.

Unidad II: Problemas secuenciales

Problemas secuenciales. Juegos de Markov. Modelos de respuesta. Equilibrio de Nash. Juego ficticio Ascenso Gradiente. Nash Q-learning.

Unidad III: Incerteza de Estado

Juegos de Markov parcialmente observables. Evaluación de políticas. Equilibrio de Nash. Programación dinámica

Unidad IV: Agentes Colaborativos

Agentes colaborativos. Procesos de decisión de Markov descentralizados parcialmente observables. Subclases. Programación dinámica. Mejor respuesta iterada. Búsqueda heurística. Programación no lineal.

PRÁCTICAS

Las actividades prácticas se llevaran adelante en el laboratorio de Matemática, principalmente programando los algoritmos estudiados en la teoría

BIBLIOGRAFÍA

Kochenderfer, M. J., Wheeler, T. A., Wray, K. H. (2022). Algorithms for decision making. MIT press.

González-Díaz, J., García-Jurado, I., & Fiestras-Janeiro, M. G. (2010). An introductory course on mathematical game theory. *Graduate studies in mathematics*, 115.

Clempner, J. B., & Poznyak, A. (2023). *Optimization and Games for Controllable Markov Chains: Numerical Methods with Application to Finance and Engineering* (Vol. 504). Springer Nature.

Blank, J., & Deb, K. (2020). Pymoo: Multi-objective optimization in python. *Ieee access*, 8, 89497-89509.

Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement learning: An introduction*. MIT press.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

El examen final constara de la presentación de un proyecto individual que integre todos los conocimientos del curso. El proyecto deberá ser una aplicación a un problema concreto donde se requiera tomar decisiones.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos de Probabilidad, Análisis Numérico y Optimización.

TÍTULO: Biología Matemática I			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Matemática, Doctorado en Física			

FUNDAMENTOS

El curso estará orientado a desarrollar en los estudiantes una capacidad efectiva para investigar en temas de considerable interés actual en biofísica, ecología y matemática biológica.

Las herramientas matemáticas y conceptuales a presentarse serán de utilidad para que el estudiante aprenda a desarrollar modelos y a trabajar con los mismos. En particular, otorgaría al estudiante una robusta base teórica para el análisis de problemas de interés neurocientífico y biológico/ecológico en general.

OBJETIVOS

Al finalizar el curso, los estudiantes estarán en condiciones de entender buena parte de la bibliografía biomatemática actual, de realizar cálculos sobre problemas de dinámica de poblaciones, dinámica de epidemias y fenómenos de crecimiento, entre otros, y de participar activamente en reuniones científicas sobre temáticas afines a las presentadas en el curso.

PROGRAMA

Unidad I: Dinámica de poblaciones I (una especie).

Introducción. Ecuaciones de diferencias de primer orden. Su análisis y linealización. Modelos de tiempo discreto de primer orden, lineales y no lineales; dinámica de las poblaciones de insectos. Ecuación de Hassell. Modelos basados en ecuaciones diferenciales. Ecuación logística. Su linealización. Linealización de sistemas de dos ecuaciones diferenciales ordinarias. Estados de equilibrio. Criterio de Routh-Hurwitz. Aspectos evolucionarios. Dinámica de las cosechas y la pesca. Metapoblaciones. Efectos de retardo. Modelos con atraso en fisiología: enfermedades con dinámica periódica.

Los conejos de Fibonacci. Poblaciones estructuradas por edad en la descripción de tiempo discreto. Matrices de Leslie. Ecuación de renovación de Euler. Enfoque de McKendrick.

Unidad II: Dinámica de Poblaciones II (especies interactuantes).

Interacción anfitrión – parasitoide. Sistemas de ecuaciones de diferencias no lineales. Estados de equilibrio. Condiciones de Jury. Las ecuaciones de Lotka-Volterra para el predador y la presa. Modelado de la respuesta funcional del predador. Modelo de Rozenzweig-MacArthur. Forma de Kolmogorov. Competición – el principio de exclusión competitiva. Plano de fase. Teorema de Poincaré-Bendixon. Modelado de ecosistemas. Metapoblaciones interactuantes. Coexistencia de competidores mediada por el predador. Implicaciones ecológicas - Efecto de la destrucción del hábitat. Teoría de juegos evolucionaria. Matrices de pago. Equilibrio de Nash. Ecuación del replicador. Estrategias evolutivamente estables.

Unidad III: Dinámica de las Enfermedades Infecciosas

Introducción. Modelos epidémicos simples y aplicaciones prácticas. Cociente reproductivo básico. Modelado de enfermedades venéreas. Epidemia tipo SIR. Endemia tipo SIR. Erradicación y control – vacunación contra una epidemia tipo SIR. Poblaciones estructuradas

por edades. Estados estacionarios. Enfermedades transmitidas por vectores. Modelo básico de las enfermedades macroparasíticas. Aspectos evolucionarios.

Unidad IV: Difusión en biología

Teorías macro y microscópicas. Teoría macroscópica del movimiento. Conceptos de campo y operadores diferenciales vectoriales. Movimiento dirigido o taxis. Ecuaciones de estado estacionario y tiempos de tránsito. Ecuación de difusión y ejemplos. Distribución vertical del plankton. Búsqueda de bacterias por macrófagos. Ecuación de Fisher-Kolmogorov. Difusión con fuentes. Invasiones biológicas. Ejemplos. Solución de onda viajera a las ecuaciones de reacción-difusión. Modelo de Skellam. Propagación espacial de las epidemias. Dependencia con la capacidad de carga local.

Unidad V: Formación de Patrones Espaciales

Introducción. Rol de los patrones en biología. Mecanismos de reacción-difusión. Inestabilidad de Turing. Bifurcaciones de Turing. Sistemas activador-inhibidor. Condiciones para la inestabilidad de Turing. Activación de corto alcance e inhibición de largo alcance. Discusión crítica. Bifurcaciones. Efectos del tamaño de dominio sobre las bifurcaciones. Incorporación del movimiento biológico. Autoorganización: bacterias, células, animales. De lo micro a lo macro: hidrodinámica, modelos de Vicsek y Toner y Tu. Aplicaciones.

PRÁCTICAS

Clases prácticas de resolución de problemas y la realización de un trabajo práctico integrador en el que se desarrolla y analiza un modelo biológico para ser presentado al final del curso.

BIBLIOGRAFÍA

1. N.F. Britton, "Essential Mathematical Biology" (Springer, Londres, 2003).
 2. J.D. Murray, "Mathematical Biology", tercera edición, tomos I y II (Springer, Nueva York, 2002).
 3. H.C. Berg, "Random Walks in Biology" (Princeton U. Press, Princeton, 1993).
 4. D. Wodarz y N.L. Komarova, "Computational Biology of Cancer" (World Scientific, Singapur, 2005).
 5. P. Turchin, "Complex Population Dynamics: A Theoretical/Empirical Synthesis" (Princeton U. Press, Princeton, 2003).
 6. L. Edlshstein-Keshet, "Mathematical Models in Biology" (SIAM, New York 2005).
 7. L. Pismen, "Active Matter Within and Around Us" (Springer Cham, 2021).
- Se usarán, además, artículos aparecidos recientemente en revistas científicas

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Para regularizar se deberán aprobar dos exámenes parciales consistentes en la realización de problemas similares a los del práctico. Además se deberá aprobar el trabajo práctico integrador.

Para aprobar el curso se se deberá aprobar el trabajo práctico integrador y un examen final. Los mismos (y parciales) tendrán un contenido diferente para aquellos estudiantes que no tengan conocimientos previos sólidos de matemática

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos relativamente avanzados de análisis matemático (solución de ecuaciones diferenciales) y básicos de programación (solución de ecuaciones de diferencias).

TÍTULO: Cúmulos y Grupos de Galaxias			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría			
CARRERA/S: Doctorado en Astronomía			

FUNDAMENTOS

Los sistemas de galaxias representan uno de los ambientes más comunes donde viven y evolucionan las galaxias. Ambientes extremos como el de los cúmulos de galaxias, pueden modificar fuertemente las propiedades de las galaxias miembros, incluyendo la remoción de parte del gas, de las estrellas y de la materia oscura, contribuyendo al apagado de la formación estelar y a la transformación morfológica, por lo que el estudio detallado de estos sistemas es fundamental para comprender la formación y evolución de las galaxias. Por otro lado, los sistemas de galaxias son un área de investigación de gran importancia en el ámbito del Observatorio Astronómico y este curso ha ayudado a la formación de muchos astrónomos.

OBJETIVOS

La continuidad de este curso tiene como objetivo formar recursos humanos que ayuden a mantener activa el área, que es de gran interés dentro de la comunidad internacional. Si bien el estudio de los sistemas de galaxias es un área muy grande donde se conectan la mayor parte de los temas vinculados a la astronomía extragaláctica, el presente curso tiene como objetivo realizar un estudio lo más detallado posible de los sistemas de galaxias. Se propone diferenciar entre grupos y cúmulos de galaxias y abordar la temática desde las evidencias observacionales, así como analizando las predicciones de los modelos actuales de formación y evolución de galaxias.

PROGRAMA

Unidad I: Identificación de sistemas de galaxias en el óptico

- Catálogos de cúmulos de galaxias en el óptico: tradicionales y automáticos.
- Supercúmulos.
- Función de correlación de cúmulos y supercúmulos.

Unidad II: Identificación de sistemas de galaxias en rayos X

- Detectores, colimadores y telescopios de rayos X.
- Mecanismos de emisión: térmica y no térmica.
- Espectro de la emisión en rayos X. Espectro continuo y de líneas.
- Detección de cúmulos de galaxias con emisión en rayos X.
- Cool-core y cooling flows.

Unidad III: Detección de cúmulos de galaxias con emisión en radio

- Radio galaxias en cúmulos.
- Radio halos.
- Correlación de la emisión en radio con la emisión en X y la información en el óptico.

Unidad IV: Clasificaciones morfológicas

- Clasificaciones morfológicas en base a la información en el óptico.
- Clasificaciones morfológicas en base a la información en X.
- Distribución de las galaxias, emisión en X, gas caliente y materia oscura.
- Modelo beta.

- Modelo NFW.
- Dispersión de velocidades (σ). Morfología en base a σ .
- Otras formas alternativas de estudiar la morfología de los cúmulos.
- Mapas de temperatura y entropía.

Unidad V: Propiedades de las galaxias en sistemas

- Contenido galáctico de los cúmulos de galaxias.
- Morfología de las galaxias en cúmulos y su dependencia con el entorno.
- Mecanismos físicos de transformación de galaxias: ram pressure, acciones de marea, etc.
- Distribución 2D vs. distribución 3D.
- Galaxias cD, propiedades y modelos de formación.

Unidad VI: Estimaciones de masas de Cúmulos

- Modelos para la determinación de masa de las galaxias, del gas y de la materia oscura.
- Perfiles de Masa.
- Determinaciones de masa vía óptico, vía la emisión en X y vía lentes gravitacionales. Grandes arcos, arcllets y weak lensing.

Unidad VII: Efecto Sunyaev-Zeldovich

- Efecto SZ térmico. Estimaciones de H_0 .
- Efecto SZ dinámico.
- Contenido bariónico de los cúmulos.

Unidad VIII: Relaciones de escala y funciones varias

- Relación σ vs. T (dispersión de velocidades vs. temperatura del gas caliente).
- Función de luminosidad de cúmulos de galaxias.
- Función de temperatura del gas.
- Función de masa. Estimación de parámetros cosmológicos.
- Modelos.

Unidad IX: Grupos vs. Cúmulos

- Análisis comparativo de las propiedades de Cúmulos y Grupos de Galaxias.

PRÁCTICAS

Los alumnos tienen que preparar dos presentaciones orales basadas en artículos científicos vinculados a temas de la materia.

BIBLIOGRAFÍA

Cada uno de los temas se actualiza anualmente haciendo uso de las publicaciones científicas más recientes.

Algunos de los libros que se usan como guía son:

- Clusters of Galaxies. Editores: Mulchaey, Dressler & Oemler Editorial: Cambridge University Press. 2004.
- A Pan-Chromatic View of Clusters of Galaxies and the Large-Scale Structure. Editores: Plionis, Lopez-Cruz & Hughes. Editorial: Springer. 2008.
- Groups of Galaxies in the Nearby Universe. Editores: Saviane, Ivanov & Borissova. Springer. 2005.
- Outskirts of Galaxy Clusters: Intense Life in the Suburbs. Editor: Diaferio. Editorial:

Cambridge University Press. 2004.

- Galaxy Formation and Evolution. Autores: Mo, vanden Bosch & White. Editorial: Cambridge University Press. 2010.

- Galaxy Formation. Autor: Longair. Editorial: Springer. 1998.

- Galaxies in the Universe. An Introduction. Autores: Sparke & Gallagher. Editorial: Cambridge University Press. 2000.

- Extragalactic Astronomy and Cosmology. An Introduction. Autor: Schneider. Editorial: Springer. 2006.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Regularidad: asistencia mayor al 80% y presentación y aprobación de dos seminarios.

Aprobación del curso: mediante examen final oral

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Si bien no es necesario, es conveniente tener formación en Astronomía Extragaláctica.

TÍTULO: Dinámica Galáctica			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Astronomía			

FUNDAMENTOS

La dinámica galáctica es una rama fundamental de la astrofísica que estudia el movimiento y la interacción de las estrellas, gas, polvo y materia oscura en las galaxias. Comprender estos procesos es fundamental para el estudio de la formación y evolución de las estructuras del universo tales como galaxias y sistemas de galaxias. Con el avance de la tecnología en telescopios y simulaciones, se ha generado una gran cantidad de datos que requieren un análisis profundo y riguroso.

OBJETIVOS

- 1) Proporcionar a los estudiantes una comprensión sólida de los principios físicos que rigen la dinámica de las galaxias.
- 2) Capacitar a los participantes en el uso de herramientas teóricas y numéricas para modelar y simular la dinámica galáctica.
- 3) Fomentar la investigación en áreas específicas de la dinámica galáctica, incluyendo la influencia de la materia oscura y la dinámica estelar.

PROGRAMA

Unidad I: Introducción

Resumen de las observaciones, Sistemas sin colisiones y el tiempo de relajación.

Unidad II: Teoría de potencial

Resultados generales. Sistemas esféricos. Pares Potencial-Densidad para sistemas aplanados. Soluciones de Poisson para códigos N-cuerpos.

Unidad III: Las órbitas estelares

Órbitas en los potenciales esféricos estáticos. Órbitas en potenciales axisimétricos. Órbitas en potenciales planares no axisimétricos. Integración numérica de órbitas.

Unidad IV: Equilibrio de sistemas sin colisiones

La ecuación de Boltzmann sin colisiones. Función distribución para sistemas esféricos. Modelos basados en partículas y en órbitas. Ecuaciones de Jeans y virial. Cinemática estelar como detector de masa.

Unidad V: Estabilidad de sistemas sin colisiones

Introducción

Unidad VI: Dinámica de discos y Estructura espiral

Fundamentos de la estructura espiral

Unidad VII: Teoría cinética

Procesos de relajación. Resultados generales.

Unidad VIII: Colisiones y encuentros de sistemas estelares

Fricción dinámica. Mareas. Fusiones.

PRÁCTICAS

Se resolverán problemas analíticos y numéricos utilizando tanto código disponibles como elaborados por los estudiantes

BIBLIOGRAFÍA

Galactic Dynamics, J. Binney & S. Tremaine, 2008, Princeton university Press.

Dynamics and Astrophysics of Galaxies, Jo Bovy, <https://galaxiesbook.org/>

Introduction to Galaxy Formation and Evolution, A. Cimatti, Filippo Fraternali & Carlo Nipoti

Galaxies in the universe, An introduction, L.S. Sparke & J.S. Gallagher III, 2007, Cambridge University Press

Galaxy Formation and Evolution, Houjun Mo, Frank van den Bosch &

Simon White, 2010, Cambridge University Press

Galaxy Formation, Malcom Longair, 2007, Springer

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Deberán entregar la guía de prácticos aprobada para regularizar y para aprobar rendir un examen final oral.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimiento básicos de Astronomía Galáctica y Extragaláctica

TÍTULO: El Método Monte Carlo aplicado en la Física			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Física			

FUNDAMENTOS

El curso del Método Monte Carlo se fundamenta en la simulación estocástica para resolver problemas complejos mediante la generación de eventos aleatorios. Se explorarán principios como la Ley de los Grandes Números y la convergencia estadística, que permiten evaluar la precisión y validez de las simulaciones. Los estudiantes aprenderán a usar generadores de números aleatorios y técnicas de generación de variables no uniformes, fundamentales para modelado probabilístico y sistemas físicos. Además, se abordarán aplicaciones prácticas en áreas como física estadística, mecánica cuántica y cinética, destacando el uso de cadenas de Markov y métodos avanzados como Monte Carlo de Cadenas de Markov (MCMC) para simular fenómenos evolutivos. Se incluye formación en programación con Python y Fortran para la implementación de simulaciones y el uso de herramientas especializadas en simulación de radiación y física médica. Este curso proporciona una sólida base teórica y práctica para el uso del Método Monte Carlo en diversas disciplinas científicas.

OBJETIVOS

Este curso de posgrado tiene como objetivo introducir a los estudiantes en el Método Monte Carlo (MC) y sus aplicaciones en diversas áreas de la física. Los participantes aprenderán desde los fundamentos teóricos y los algoritmos de generación de números aleatorios hasta la implementación práctica en sistemas físicos. El curso también cubrirá técnicas avanzadas como el Monte Carlo cinético, simulaciones en mecánica cuántica, y aplicaciones en física de radiación y física médica, preparando a los estudiantes para aplicar MC en investigación y simulación avanzada.

PROGRAMA

Unidad I: 1. Introducción al Método Monte Carlo (MC)

- Definición y fundamentos: conceptos clave y el origen del método durante el Proyecto Manhattan.
- Principio de simulaciones estocásticas y generación de números aleatorios.
- Problemas típicos y ejemplos como la estimación de pi y la integración numérica.

Unidad II: Lenguajes de Programación Aplicados a MC

- Revisión de Programación en Fortran y Elementos Básicos de Python: estructura, control de flujo, gestión de matrices y modularización del código.
- Ejercicios de entrada/salida y manipulación de datos.

Unidad III: Fundamentos Matemáticos

- Ley de los Grandes Números: análisis de la convergencia de resultados en simulaciones.
- Teorema de los Grandes Números en sus formas débil y fuerte, aplicados a Monte Carlo.

Unidad IV: Generación de Números Aleatorios y Variables

- Generadores pseudoaleatorios, algoritmo Congruencial Lineal.
- Métodos para variables aleatorias no uniformes: transformaciones y método de

aceptación-rechazo

Unidad V: Aplicaciones en Física Estadística

- Introducción a sistemas estocásticos y métodos Monte Carlo en sistemas de muchas partículas.
- Cadenas de Markov y MCMC: incluyendo Metropolis-Hastings y simulaciones en el modelo de Ising y procesos de difusión

Unidad VI: Método Monte Carlo en Mecánica Clásica

- Aplicación del Método Monte Carlo para la evaluación de la función de acción en sistemas clásicos

Unidad VII: Kinetic Monte Carlo (kMC)

- Introducción al algoritmo de kMC: aplicaciones en ciencias de materiales.

Unidad VIII: Método Monte Carlo en Mecánica Cuántica

- MC en sistemas cuánticos: difusión cuántica, caminos aleatorios y campos cuánticos.
- Integrales de Caminos PIMC: ejemplos de aplicación en el oscilador armónico y quantum dots.
- Aplicación en teorías de campos cuánticos como QCD en lattice.

Unidad IX: Aplicación en Ecuaciones Diferenciales Parciales (PDEs)

- Resolución de PDEs con Monte Carlo: ecuaciones de Laplace, Poisson y el calor.
- Ejemplos prácticos: simulación de difusión de calor en una barra y procesos de difusión en medios porosos.

Unidad X: Monte Carlo en Física Médica y Radiación

- Aplicaciones en física médica: transporte y dosimetría de radiación.
- Simulación de partículas en detectores y herramientas especializadas como PENELOPE.

Unidad XI: Algoritmos Genéticos con Monte Carlo

- Introducción a los algoritmos genéticos y su implementación con MC.
- Aplicaciones en física: optimización molecular y modelos de interacción

PRÁCTICAS

Se desarrollarán códigos ejemplos de aplicación. Las clases se impartirán de manera presencial en aulas con la comodidad suficiente para que cada alumno acceda a su propia computadora o algún laboratorio con computadoras de la Facultad.

La supervisión y evaluación será de manera continua. Los alumnos deberán entregar al menos tres trabajos prácticos de códigos ejemplos desarrollados por ellos.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Monte Carlo strategies in Scientific Computing. Jun. S. Liu. Department of Statistics. Harvard University [https://www.researchgate.net/publication/215446267_Monte_Carlo_Strategies_in_Scientific_Computing]
- "Monte Carlo Methods" Malvin H. Kalos, Paula A. Whitlock. SBN: 978-3-527-40760-6
- "The Monte Carlo Method in the Physical Sciences" de

Sobolev.[<https://phyusdb.wordpress.com/wpcontent/uploads/2013/03/monte-carlo-methods-se-cond-revised-and-enlarged-edition.pdf>]

- Introduction to the variational and diffusion Monte Carlo. Julien Toulouse, Roland Assaraf, C. J. Umriga. [<https://arxiv.org/abs/1508.02989>] methods. Julien Toulouse, Roland Assaraf, C. J. Umriga. [<https://arxiv.org/abs/1508.02989v1>]
- Introduction to stochastic calculus and to the resolution of PDEs using Monte Carlo simulations - Lectures notes of XV Spanish-French School on Numerical Simulation in Physics and Engineering. Emmanuel Gobet. [<https://cel.hal.science/cel-00736268>]
- Fortran 2018 With Parallel Programming-CRC. Subrata Ray Chapman. Hall_Taylor & Francis Group (2020). International Standard Book Number-13: 978-0-367-21843-0 (Hardback)
- PENELOPE, a code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport. Francesc Salvat
- Bibliografía ampliada:
- La biblioteca estándar de Python. [<https://docs.python.org/es/3/library/index.html>]
- MontePython: Implementing Quantum Monte Carlo using Python. J.K. Nielsen [<https://arxiv.org/abs/physics/0609191v1>]
- Librería NumPy. [<https://numpy.org/es/>]
- "Bibliografía extra
- Brownian Motion, Martingales, and Stochastic Calculus. Graduate Texts in Mathematics Series Editors:Sheldon Axler. San Francisco State University, San Francisco, CA, USA. Kenneth Ribet University of California, Berkeley, CA, USA. Springer. [<http://www.springer.com/series/136>]
- A general method for numerically simulating the stochastic time evolution of coupled chemical reactions. D. T. Gillespie, J. Comput. Phys., 22 (1976) 403

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Evaluación continua mediante realización y presentación de trabajos prácticos. Para regularizar se necesita aprobar tres trabajos prácticos.

Para aprobar el curso, debe presentar tres trabajos prácticos aprobados y aprobar un trabajo final integrador.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos de mecánica, mecánica cuántica y de programación

TÍTULO: Física Computacional			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS:	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Astronomía, Doctorado en Física, Doctorado en Ciencias de la Computación			

FUNDAMENTOS

La Física Computacional se ocupa de realizar simulaciones computacionales con el fin de resolver problemas físicos concretos, y es un ingrediente importante dentro de la más amplia e interdisciplinaria "Ciencia Computacional".

El curso está pensado para estudiantes de todas las áreas, tanto teóricas como experimentales, que quieran tener conocimientos de técnicas básicas de física computacional, y aprender a implementarlas. Es un curso elemental y relevante tanto para quien se forme como futuro especialista en física computacional, como para quien haga física teórica o experimental.

OBJETIVOS

El objetivo del curso es darle a los estudiantes una visión global y actualizada de la física computacional, y de los distintos métodos numéricos y herramientas disponibles. En el curso se abordarán los diferentes temas utilizando ejemplos y aplicaciones de interés para distintas áreas de la física, biofísica, astronomía, química. Esto se hará, planteando un problema y luego dando la teoría/modelo para resolverlo, y el método y la implementación como últimos pasos. Ayudando así, a ubicar el tema en un contexto más amplio e indicar cómo los mismos pasos son aplicables a una clase más amplia de problemas en diversas áreas de la ciencia.

PROGRAMA

Unidad I: Metodos Numéricos y Caos

Integración numérica de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias. Cálculo numérico de integrales. Transformada rápida de Fourier, uso de la biblioteca FFTW. Aplicaciones a problemas de Caos: mapeo logístico y caos hamiltoniano. Cálculo de exponentes de Lyapunov y secciones de Poincarè.

Unidad II: Ecuaciones en derivadas parciales

Método de diferencias finitas. Análisis de estabilidad. Aplicaciones.

Unidad III: Números aleatorios y aplicaciones

Generadores de números aleatorios. Tests de los algoritmos. Caminatas al azar. Integración de Monte Carlo.

Unidad IV: Método de Monte Carlo

Sampleo por importancia. Algoritmo de Metrópolis. Medición de valores medios y funciones de correlación. Aplicaciones: (a) Modelo de Ising, exponentes críticos, cumulantes de Binder, escaleo de tamaño finito. (b) Fluidos de Lennard-Jones.

Unidad V: Dinámica molecular

Introducción al método de dinámica molecular. Algoritmos de integración de Verlet.

Condiciones de contorno periódicas y mínima imagen. Aplicaciones a transiciones de fases. Cálculo de función de correlación de pares, de factor de estructura y de coeficiente de difusión.

Unidad VI: Dinámica Browniana

Integración de la Ecuación de Langevin sobreamortiguada. Aplicación a Brownian Dynamics.

PRÁCTICAS

Las clases prácticas se llevarán a cabo en el laboratorio de computación. Los/las alumnos/as deberán resolver los trabajos prácticos propuestos. En cada unidad, deberán entregar un informe con las soluciones a problemas seleccionados. Éstas serán evaluadas para la obtención de la regularidad. En las clases prácticas serán supervisados/as por un docente para atender las consultas y explicar los contenidos que fueran pertinentes.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA:

- 1- Landau, Paez y Bordeianu, Computational Physics: Problem Solving with Computers, 2da ed., Wiley, 2007.
- 2- Frenkel and Smith, Understanding Molecular Simulations: From Algorithms to Applications, 3ra ed., Academic Press, 2023
- 3- Allen and Tildesley, Computer simulations of liquids, 2da ed., Oxford University Press, 2017,
- 4- K.Binder y D.W.Heermann, MonteCarlo Simulation in Statistical Physics, 6ta. ed., Springer, 2019.
- 5- Press et al., Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing, 3ra ed., Cambridge University Press, 2007.
- 6- Pang, An Introduction to Computational Physics, 2da ed., Cambridge University Press, 2006.
- 7- Strogatz, Nonlinear Dynamics and Chaos: with Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering, 2da ed., CRC Press, 2015
- 8- Koonin, Computational Physics, Fortran version, 1ra ed, CRC Press, 1990.
- 9- Thijssen, Computational Physics, 2da ed., Cambridge University Press, 2007.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Evaluaciones parciales: entrega obligatoria de trabajos prácticos después de cada unidad con régimen de recuperación.

Los profesores a cargo no solo corregirán los informes sino también corregirán el modo de programar, los códigos entregados línea a línea, para ir a lo largo del curso mejorando la técnica numérica de los/las alumnos/as.

Desarrollo de un trabajo especial, dentro de los plazos establecidos para su entrega, cuyo informe sera defendido el día del examen final.

Examen Final

Los alumnos regulares solo resolverán un problema numérico, de su propio interés y que sea una ampliación y/o aplicación de alguna unidad dada. La defensa del tema será oral, previa entrega de informe y programa.

Los alumnos libres deberán entregar todas las unidades quince días previos al examen y se

evaluarán en examen final oral, no sólo su trabajo final sino todas la unidades.

REGULARIDAD

Haber entregado y aprobado en termino las guías de problemas.

PROMOCIÓN

No hay régimen de promoción en el cursado de la materia.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

El curso tiene como requisitos tener conocimientos básicos de Mecánica Estadística y manejo de algún lenguaje de programación (preferentemente Fortran90 ó C).

TÍTULO: Grupos y álgebras de Lie			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 15 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Matemática			

FUNDAMENTOS
 Se cubrirá la temática básica sobre grupos y álgebras de Lie, con énfasis en los grupos compactos y aplicaciones a geometría riemanniana, álgebra y análisis armónico.

OBJETIVOS
 Este curso tiene como principal objetivo presentar la clasificación de los grupos de Lie compactos, sus álgebras de Lie, la clasificación de las representaciones irreducibles y el estudio de las variedades homogéneas asociadas.

PROGRAMA

Unidad I: Introducción
 Grupos de Lie y Álgebras de Lie. Grupos de Matrices. Ejemplos. Grupos compactos. Campos invariantes a izquierda. Subgrupos monoparamétricos. Homomorfismos. Correspondencia subgrupos subálgebras. Ideales y subgrupos normales. Subgrupos cerrados. Cubrimientos simplemente conexos. Función exponencial. Representación adjunta. Variedades homogéneas. Medidas invariantes.

Unidad II: Grupos compactos
 Toros maximales. Conjugación. Representación adjunta. Grupos de Weyl. Cámaras de Weyl. Grupos algebraicos. Grupos clásicos. Álgebras de Lie semisimples. Subálgebras de Cartan. Sistemas de raíces. Diagramas de Dynkin. Álgebras simples. Clasificación. Grupo fundamental. Diagramas.

Unidad III: Representaciones.
 Representaciones irreducibles de grupos compactos. Caracteres y pesos. Teorema del peso máximo. Representaciones reales y cuaterniónicas. Representaciones de los grupos clásicos. Grupo Spin. Representación spin. Álgebras de Clifford

PRÁCTICAS
 Resolución de listas de ejercicios.

BIBLIOGRAFÍA
 Theodor Bröcker. Tammo tom Dieck, Representations of compact Lie groups, Graduate Texts

in Math 98, Springer Verlag 1985.

Frank Warner, Foundations of differentiable manifolds and Lie groups, Springer Verlag, 1983.

V. Varadarajan, Lie groups, Lie algebras and their representations. Springer-Verlag, 1984.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Para la regularidad se requiere la entrega de las soluciones a una lista de ejercicios. Para la aprobación se deberá rendir un examen.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos requeridos: estructuras algebraicas, topología general y variedades diferenciables.

TÍTULO: Introducción a las álgebras de Hopf			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 30 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Matemática			

FUNDAMENTOS

El concepto de álgebra de Hopf generaliza simultáneamente las nociones de grupo y álgebra de Lie. Tiene su origen en trabajos de Cartier sobre grupos algebraicos en característica positiva e independientemente de Borel en la axiomatización de resultados de Hopf sobre la cohomología de grupos de Lie. Tras la primera etapa de trabajos pioneros de Milnor, Moore, Hochschild, Kostant, G. I. Kac y otros, y una segunda de exploración de los fundamentos y nociones esenciales, por Sweedler, Larson, Radford y otros, alcanza su madurez con el descubrimiento de los grupos cuánticos por parte de Drinfeld y Jimbo. A través de estos últimos se comprendieron diversas aplicaciones de las álgebras de Hopf en física teórica y topología de baja dimensión, así como su íntima relación con la teoría de Lie.

Las álgebras de Hopf son álgebras asociativas que poseen estructuras adicionales compatibles con la multiplicación que hacen que su categoría de representaciones sea una categoría tensorial. Esta característica distintiva es fundamental, ya que es a través de esta que se dan muchas de sus aplicaciones y conexiones con otras disciplinas y áreas de la matemática.

En la actualidad, se investiga con gran vigor tanto la clasificación de las álgebras de Hopf de dimensión finita o de crecimiento moderado, como diversos aspectos homológicos, versiones analíticas y su teoría de representaciones.

OBJETIVOS

El curso tiene como objetivos introducir las álgebras de Hopf, con especial énfasis en el caso de dimensión finita, y desarrollar las nociones fundamentales sobre su estructura intrínseca y de diversas categorías de módulos asociados a ellas. Esto permitirá, además, familiarizarse con el lenguaje de categorías tensoriales.

PROGRAMA

Unidad I: Representaciones de álgebras

Producto tensorial. Categoría de módulos sobre un álgebra. Módulos simples y módulos proyectivos. Serie de composición. El teorema de Wedderburn-Artin.

Unidad II: Coálgebras

Definiciones y propiedades básicas. Categoría de comódulos sobre una coálgebra. Coradical. Filtración coradical. Dualidad entre álgebras y coálgebras.

Unidad III: Álgebras de Hopf

Definiciones y propiedades básicas. Ejemplos: Álgebras de Taft; los grupos cuánticos $U_q(\mathfrak{sl}(2))$ y $O_q(\mathfrak{sl}(2))$, y sus variantes de dimensión finita cuando q es raíz de 1; el álgebra de envolvente de un álgebra de Lie restringida. El dual de un álgebra de Hopf.

Unidad IV: Teoremas fundamentales

Integrales. Teorema Fundamental de los módulos de Hopf. Teorema de Maschke. Fórmula de

Radford para la potencia cuarta de la antípoda. Teorema de Larson-Radford sobre el cuadrado de la antípoda. Teorema de Nichols-Zoeller.

Unidad V: Relaciones con categorías tensoriales

La categoría de representaciones de un álgebra de Hopf. Categorías tensoriales. Álgebras de Hopf cuasitriangulares y categorías trenzadas. El doble de Drinfeld. Módulos de Yetter-Drinfeld. Álgebras en categorías tensoriales. Álgebras de Hopf en categorías trenzadas. Álgebras de Nichols. Biproducto de Majid-Radford.

PRÁCTICAS

Los contenidos desarrollados en las clases teóricas serán acompañados de ejercicios para profundizar en los conceptos y/o aplicar los resultados aprendidos. Se dispondrá de espacios semanales bajo la supervisión del docente a cargo para discutir la resolución de los ejercicios.

BIBLIOGRAFÍA

- S. Dascalescu, C. Nastasescu, S. Raianu, Hopf Algebras. An Introduction. Monographs and Textbooks in Pure and Applied Mathematics 235, Marcel Dekker, New York, 2001.
- C. Kassel, Quantum Groups, Graduate Texts in Mathematics 155, Springer, Berlin, 1995.
- S. Montgomery, Hopf algebras and their actions on rings, CMBS Reg. Conf. Ser. in Math. 82 , Am. Math. Soc., Providence, 1993.
- D. E. Radford, Hopf algebras. Series on Knots and Everything 49. Hackensack, NJ: World Scientific xxii, 559 p., 2012.
- Hans-Jurgen Schneider, Lectures on Hopf algebras, Trabajos de Matematica 31/95 , FaMAF, 1995.
- M. E. Sweedler. Hopf Algebras, Benjamin, New York, 1969.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

La regularidad se alcanzará con la resolución de una lista de ejercicios que se entregarán con anterioridad a la finalización del curso. Para la aprobación del curso, además, se rendirá una evaluación oral sobre los temas desarrollados en la materia.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos básicos de estructuras algebraicas

TÍTULO: Introducción al Estudio de las Atmósferas Estelares			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 80 horas de teoría y 40 horas de práctica			
CARRERA/S: Curso de posgrado no estructurado			

FUNDAMENTOS

La Astrofísica es el estudio de la Física del Universo. El análisis e interpretación del espectro continuo, como así también el de las líneas, de los cuerpos celestes que lo componen ha contribuido (y contribuye) fuertemente al entendimiento del origen, evolución y composición de cada uno de ellos.

Por lo tanto, para el astrónomo resulta crucial la comprensión de todos los fenómenos y modelos físicos que contribuyen a determinar cada uno de los rasgos característicos que aparecen en los mismos, con independencia del particular objeto celeste de estudio.

Este curso es esencialmente una introducción a la teoría del espectro continuo de las atmósferas estelares. De esta manera, se complementa la teoría de las líneas espectrales introducida en la formación de la Licenciatura en Astronomía, recibiendo así el/la cursante un panorama introductorio completo de la teoría de las atmósferas estelares, de importancia básica para todas las especializaciones relacionadas con la física de las estrellas analizada a partir de observaciones espectroscópicas. Sin embargo, los conceptos desarrollados en el curso tales como, en particular, la ecuación de transporte radiativo, resultan de amplia aplicación en otras áreas de la astrofísica, no sólo estelar.

OBJETIVOS

El principal objetivo de este curso es que el/la cursante adquiera y ponga en práctica conceptos y procedimientos astrofísicos fundamentales sobre los siguientes contenidos:

- (1) Campo radiativo e interacción con la materia.
- (2) Ecuación del transporte radiativo: solución e interpretación física en distintas geometrías y contextos astrofísicos.
- (3) Equilibrio radiativo y convectivo.
- (4) Origen y consecuencias de la opacidad continua y de la absorción de líneas.
- (5) Construcción de modelos numéricos que ayuden a interpretar las observaciones.

PROGRAMA

Unidad I: Revisión de Conceptos Básicos

Órdenes de magnitudes en Astrofísica. Escala de energías de los fenómenos físicos. Procesos radiativos clásicos: Bremsstrahlung Térmico y Radiación Sincrotrón. Procesos radiativos en la Teoría Cuántica. Estructuras de la materia en Astrofísica. Detección de fotones: absorción atmosférica, radio, microondas, sub-milimétrico, IR, óptico, UV, rayos X (blandos y duros) y rayos gamma. Materia y su descripción: peso atómico y peso molecular, átomo-gramo y mol, Número de Avogadro, masa absoluta de átomos y moléculas. Gas ideal. Ecuación de estado de los gases ideales. Transformación adiabática. Equilibrio Termodinámico Estricto (ETE). Emisión y absorción en ETE. Ley de Kirchhoff. Radiación del cuerpo negro: Ley de Planck Ecuación de equilibrio de excitación de Boltzmann. Ecuación de equilibrio de ionización de Saha. Combinación de las ecuaciones de Boltzmann y Saha. Ley de Maxwell de distribución de velocidades: diversas formas. Velocidad más probable, media y cuadrática media.

Unidad II: Radiación Electromagnética y Procesos Radiativos

Radiación de partículas cargadas. Propiedades generales del Campo Radiativo. Reacciones radiativas. Teoría cuántica de la radiación: generalidades. Cantidades macroscópicas para la radiación. Absorciones y emisiones continuas. Transiciones atómicas ligado-libre y libre-libre. Scattering de la radiación: electrónico y molecular. Arrastre radiativo de las partículas cargadas. Scattering Compton. Proceso Bremsstrahlung: clásico, cuántico, térmico y absorción libre-libre. Radiación de Sincrotrón: conceptos básicos, distribuciones angular y espectral de la radiación, espectro "power-law" de los electrones, auto-absorción. Radiación y espectro no térmicos. Índice espectral. Fenómenos de Fotoionización. Ionización colisional. Absorciones y emisiones de líneas. Ecuación General del Transporte Radiativo.

Unidad III: Descripción del Campo Radiativo e Interacción con la Materia

Concepto de atmósfera estelar. Objeto de la teoría de las atmósferas estelares. Presión gaseosa y presión de radiación. Significado de la temperatura en una atmósfera estelar. Temperaturas de excitación, ionización, cinética, de color, de brillo y efectiva. Mecanismos de transporte de energía. Teoría de la Radiación: intensidad específica monocromática y media, densidad de flujo de radiación, radiancia e intensidad media equivalente. Propiedades básicas de un campo isotrópico. Densidad de energía. Integral K y presión de radiación. Coeficiente de absorción. Ley de extinción. Coeficiente de emisión. Función fuente: unidades. Función fuente en casos especiales. Función fuente en el caso general. Balance microscópico de energía en las hipótesis de dispersión isotrópica pura, absorción pura y Equilibrio Termodinámico Local.

Unidad IV: Planteamiento, Solución Formal e Interpretación de la Ecuación del Transporte Radiativo

Ecuación de transporte radiativo en coordenadas esféricas. Condiciones de contorno. Atmósfera de capas plano-paralelas. Capa de espesor finito y atmósfera semi-infinita. Solución de la ecuación de transporte radiativo en casos particulares. Solución formal de la ecuación de transporte radiativo. Aplicaciones a la capa de espesor finito y atmósfera semi-infinita. Integral básica de la ecuación de transporte. Intensidad emergente de una capa con $S(\tau_\nu)=\text{constante}$ y con $S(\tau_\nu)=a+b\tau_\nu$. Solución para un punto interior de una atmósfera. Integrales exponenciales: propiedades. Ecuaciones integrales de Milne y de Schwarzschild-Milne. Integral K en función de integrales exponenciales.

Unidad V: Equilibrio Radiativo y Equilibrio Convectivo

Condición de equilibrio radiativo propiamente dicha. Constancia del flujo total. Variación del flujo total con la distancia al centro en una atmósfera extendida. Relación entre flujo total y temperatura efectiva. Ecuación de continuidad. Relación entre equilibrio radiativo y presión de radiación. Ecuaciones de Milne. Transporte de energía por convección. Condición de flujo convectivo: criterio clásico de Schwarzschild. Peso molecular medio. Condición de flujo convectivo para gases mono y poliatómicos. Relación entre los gradientes térmico y adiabático.

Unidad VI: Solución de una Atmósfera Gris en Equilibrio Radiativo

Atmósfera gris. Ecuación de transporte en la atmósfera gris. Condiciones de equilibrio radiativo y ecuaciones de Milne. Primera aproximación de Eddington: cálculo de J , F , K , S , $\text{nabla}T$ y oscurecimiento al limbo. Segunda aproximación de Eddington: cálculo de J , F , K , S , $\text{nabla}T$ y oscurecimiento al limbo. Segunda aproximación corregida: función fuente integrada y distribución de temperatura. Método de las ordenadas discretas de Chandrasekhar: función fuente integrada en la n -sima aproximación, función de Hopf y distribución de temperatura.

Intensidades saliente y entrante. Oscurecimiento hacia el limbo en la n-ésima aproximación.

Unidad VII: Atmósfera gris y atmósfera real (no gris) en ETL

Ablandamiento de la radiación en la atmósfera gris. Atmósfera gris y no gris en ETL: simplificación del problema. Intensidad emergente y entrante en atmósferas gris y no gris en ETL. Flujo monocromático a diferentes profundidades. Solución aproximada para la atmósfera real: hipótesis para $B_{\nu}(T(\tau_{\nu}))$. Comparación de una atmósfera gris y no gris en ETL. Solución formal en la aproximación de Eddington. Solución aproximada para una atmósfera no gris. Coeficientes medios de absorción: pesado por el flujo de Eddington, media de Planck, Rosseland y Chandrasekhar. No conservación del flujo en la atmósfera no gris.

Unidad VIII: El Coeficiente de Absorción Continua

Composición química en las atmósferas estelares: diversas formas. Unidades del coeficiente de absorción continua. Coeficientes de Einstein de emisión espontánea, inducida y absorción real. Factor de emisiones estimuladas. Contribución del H neutro a la opacidad continua: transiciones ligado-libre y libre-libre. Ion H-: condiciones físicas y químicas necesarias para su formación. Contribución del ion H- al coeficiente de opacidad: transiciones ligado-libre y libre-libre. Absorción continua de H₂. Otros absorbentes continuos hidrogenoides. Nociones básicas sobre la contribución de los metales, del helio neutro y ionizado y de los iones negativos de elementos más pesados. Esparcimiento electrónico y molecular. Coeficiente de absorción continua total. Unidades.

Unidad IX: Modelos de Atmósferas Estelares.

Modelo de atmósfera estelar: concepto y definición. Modelos estáticos y unificados. Hipótesis básicas. Ecuación del equilibrio hidrostático. Distribución de temperatura en el Sol: relaciones de Eddington-Barbier. Distribución de temperatura en estrellas sin diámetro aparente: métodos teóricos para determinar distribución de temperatura. Método de ajuste de la distribución de temperatura solar. Relación entre presión del gas, presión electrónica y temperatura. Construcción de un modelo de atmósfera estelar. Método de Unsöld-Lucy. Determinación de la profundidad geométrica. Modelos de atmósferas extendidas. Códigos actuales.

PRÁCTICAS

Las actividades prácticas versarán sobre los contenidos desarrollados, proponiéndose trabajos en donde los alumnos apliquen metodologías específicas y saquen conclusiones en función de los resultados obtenidos. Se incentivará el uso de lenguajes de programación para la confección de códigos numéricos. Se propone para ello la resolución de 4 trabajos prácticos individuales, los cuales deberán ser subidos oportunamente al aula virtual del curso para su corrección y aprobación correspondiente, con una acreditación mínima del 60%.

BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA

- Clariá, J.J. y Levato, H., "El Espectro Continuo de las Atmósferas Estelares", 2008, Editorial Comunicarte, Córdoba, Argentina.
- Crivellari, L., Simón-Díaz, S. y Arévalo, M., 2020, "Radiative Transfer in Stellar and Planetary Atmospheres", Canary Islands Winter School of Astrophysics, Cambridge University Press.
- Gray, D., "The Observation and Analysis of the Stellar Photospheres", 1992, 2nd Edit., Cambridge University Press.

- Hubeny, D. y Mihalas, D., 2015, "Theory of Stellar Atmospheres", Princeton University Press.
- Rutten, R.J., "Radiative Transfer in Stellar Atmospheres", 2003, Institute of Theoretical Astrophysics, Oslo.

COMPLEMENTARIA

- Aller, L. H., "Astrophysics: the Atmospheres of the Sun and the Stars", 1963, Ronald Press Co. (2da edición).
- Ambartsumian, V. A., "Astrofísica Teórica" (vols. I y II), 1966–1967, EUDEBA.
- Bohm-Vitense, E., "Introduction to Stellar Astrophysics: Stellar Atmospheres", 1989, Cambridge University Press.
- Bowers, R. y Deeming, T., "Astrophysics I: Stars", 1984, Jones & Bartlett Publishers, Inc.
- Bradt, H., "Astrophysics Processes", 2010, Cambridge University Press.
- Chandrasekhar, S., "Radiative Transfer", 1960, 2nd. Edit., Dover Publications, Inc., New York.
- Clayton, D. D. 1983, "Principles of stellar evolution and Nucleosynthesis", University of Chicago Press.
- Foukal, P.V., "Solar Astrophysics", 2004, 2nd edit., WILEY-VCH Verlag.
- Harwit, M. 1988, "Astrophysical Concepts", Springer-Verlag (2da edición)
- Novotny, E., "Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors", 1973, Oxford University Press, New York.
- Padmanabhan, T., "Theoretical Astrophysics", Vol. I: Astrophysical Processes, 2000, Cambridge University Press.
- Rybicki, G. B. y Lightman, A. P. 1979, "Radiative Processes in Astrophysics", John Wiley & Sons.
- Shu, F.H., "The Physics of Astrophysics", Vol. I: Radiation, 1991, University Science Books.
- Swihart, T. L. 1968, "Astrophysics and Stellar Astronomy", John Wiley & Sons.
- Wolley, R.V.D. y Stibbs, D.W.N., "The Outer Layers of the Stars", 1953, Oxford at the Clarendon Press.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Para alcanzar la regularidad del curso se debe aprobar mínimamente 3 de los 4 trabajos prácticos propuestos. El examen final será una evaluación oral frente al tribunal designado sobre contenidos básicos teóricos-prácticos dictados. La aprobación requiere de una calificación mayor o igual a 4.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Los conocimientos previos requeridos son los aspectos relacionados la astrofísica básica de los cuerpos celestes, magnitudes, espectros y clasificación espectral, la teoría del cuerpo negro aplicado a la emisión de las estrellas y a otros objetos astronómicos. También se necesitarán conceptos elementales de electromagnetismo, modelo atómico y molecular, transiciones atómicas y moleculares, como así también conocimientos fundamentales en el cálculo integral y diferencial de varias variables.

TÍTULO: La conexión halo-galaxia y Cosmología			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: DA: 3 DF: 2	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 80 horas de teoría y 40 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Astronomía, Doctorado en Física			

FUNDAMENTOS

La cosmología actual está en un punto de inflexión, ya que datos del fondo de radiación cósmica (CMB) a un corrimiento al rojo de ~ 1000 y los del universo cercano han ganado suficiente precisión para llegar a encontrar alguna tensión con el modelo fiducial de materia oscura fría con una constante cosmológica. Una de las actuales tensiones entre estos dos tipos de datos corresponde a la de la amplitud lineal de fluctuaciones hoy, la que se puede extrapolar a partir de fluctuaciones de temperatura del CMB, e inferir de las fluctuaciones de densidad de número de galaxias. Esto indica que es extremadamente importante poder relacionar las fluctuaciones de masa dominadas, en principio, por materia oscura y las de galaxias. En este curso ahondaremos en la relación entre ambas, concentrándonos en las regiones de materia oscura colapsadas gravitacionalmente, los halos, y su relación con galaxias. Hay sospechas fundadas de que la tensión mencionada arriba se debe a un mal modelo de esta relación.

OBJETIVOS

- Comprender la interrelación entre inferencias de parámetros cosmológicos a partir del CMB y de la distribución de galaxias.
- Ahondar en el modelo donde las galaxias se forman y evolucionan dentro de estructuras colapsadas gravitacionalmente dominadas por materia oscura, cuya evolución temporal depende fuertemente de factores ambientales no lineales.
- Notar diferencias de procesos físicos a los que están sujetos los picos de densidad dominantes en halos de materia oscura, respecto de los secundarios (llamados subhalos). Todos estos picos estarían en su mayoría poblados por galaxias, lo que permite modelar la evolución de galaxias centro y satélites en halos.
- Alcanzar a comprender los modelos de ocupación de halo actuales, con dependencias no sólo con la masa del halo si no con su historia de formación y ambiental.
- Manejar los modelos de igualado de abundancia de subhalos, una alternativa a los modelos de ocupación de halos, y entender las ventajas comparativas de ambos.
- Aplicar estos conceptos al ajuste de parámetros cosmológicos con mediciones relacionadas a la distribución espacial de galaxias, y su combinación con otras fuentes de ajuste, como el CMB y estadísticas de lentes débiles.

PROGRAMA

Unidad I: Cosmología a partir del fondo de radiación de microondas, y de la distribución de galaxias

Relación entre la forma del espectro de fluctuaciones de temperatura y los distintos parámetros cosmológicos. Relación entre estos parámetros y estadísticas de la distribución espacial de galaxias. Parámetros extra necesarios en cada caso. Tensiones actuales entre ambos sets de datos y un único conjunto de parámetros cosmológicos para el model estándar actual de materia oscura fría con constante cosmológica.

Unidad II: Modelo de formación de galaxias en un universo dominado por materia

oscura

Evolución no lineal de la masa. Colapso esférico. Abundancia y evolución temporal de halos de materia oscura mediante extensiones numéricas del modelo de Press y Schechter. Conjunto de ecuaciones diferenciales acopladas correspondientes al modelo más simple de evolución de la materia visible dentro de estos halos de materia oscura. Estadísticas espaciales de halos de materia oscura y de galaxias, abundancias, relaciones de escala.

Unidad III: Modelo de ocupación de halos por galaxias

Modelo de ocupación de halos, dependencia con distintos parámetros de halos y con su ambiente. Función condicional de luminosidad. Relación entre el modelo de ocupación y estadísticas de la distribución espacial de galaxias. Conjunto de parámetros adicionales a la cosmología asociados al modelo de ocupación.

Unidad IV: Igualado de abundancia de subhalos

Uso de la abundancia de galaxias, incluyendo centrales y satélites, a la abundancia de picos de densidad internos de halos de materia oscura. Relación con modelos de ocupación. Ventajas relativas de ambos modelos.

Unidad V: Ajustes de parámetros cosmológicos con estadísticas de galaxias y modelos de ocupación

Ajustes de parámetros cosmológicos y marginalización sobre parámetros de ocupación o de igualado de abundancias entre galaxias y halos/subhalos. Comparación con parámetros de modelos de formación de galaxias aplicados a simulaciones hidrodinámicas y semianalíticas. Implementación con emuladores para ampliar las dimensiones del espacio de parámetros cosmológicos. Estudio sobre la tensión en la amplitud de fluctuaciones de densidad de masa inferidas del CMB y de galaxias, y su posible solución al introducir mejoras en el modelo de relación entre galaxias y halos de materia oscura.

PRÁCTICAS

Se realizarán dos actividades prácticas.

- La primera será mayormente analítica donde se encontrará la relación entre el modelo de ocupación de halos y estadísticas de la distribución espacial de galaxias. Se solicitarán estimaciones numéricas de los resultados.
- La segunda actividad será numérica utilizando un "snapshot" de una simulación de evolución de materia oscura, donde se podrán comparar estadísticas de distribución espacial de halos y de galaxias, donde estas últimas serán obtenidas con los métodos de ocupación de halos y de igualado de abundancia de subhalos.

BIBLIOGRAFÍA

- Galaxy Formation and Evolution, Mo, van den Bosch and White, 2010, Cambridge University Press
- Galaxy Formation, Malcolm Longair, 2da Edición, 2008, Springer
- Papers actuales del área, que constituirán la mayoría de la bibliografía del curso:
 1. "The Occupation Distribution of Galaxies in Dark Matter Halos" - Peñarrubia, J., et al. (2008).
 2. "Halo Occupation Distribution Models: A Review" - S. A. Tinker, et al. (2010).
 3. "The Subhalo Abundance Matching Technique: A Modern View" - Conroy, C., & Wechsler, R. H. (2009).

4. "Galaxy Formation in a Hierarchical Universe" - Kauffmann, G., White, S. D. M., & Guiderdoni, B. (1993).
5. "The Relationship between Galaxies and Dark Matter Halos" - Zhang, J., et al. (2008).
6. "The Role of Subhalos in Galaxy Formation" - Burch, B. & Johnston, K. V. (2016).
7. "Modeling the Galaxy-Halo Connection" - Yang, X., Mo, H. J., & van den Bosch, F. C. (2003).
8. "Using the galaxy-galaxy lensing signal to measure the halo mass function" - Mandelbaum, R., et al. (2005).
9. "Subhalo abundance matching: A new method for testing galaxy formation scenarios" - Moster, B. P., et al. (2010).
10. "The Baryonic Tully-Fisher Relation and the Role of Dark Matter" - McGaugh, S. S. (2012).

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Prácticos para regularidad (2 en total, con nota 6 o superior). Examen final oral individual de carácter integrador.

Regularidad:

Aprobar ambos prácticos con al menos una nota 6.

Promoción:

No tiene régimen de promoción.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Para cursar:

- Electromagnetismo I (aprobada)

Para rendir:

- Electromagnetismo II (aprobada)

TÍTULO: Métodos matemáticos y físicos en neurociencias			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 20 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Matemática, Doctorado en Física			

FUNDAMENTOS

Este curso está dirigido a los doctorandos en física, neurociencias o disciplinas afines y pretende cubrir formalismos matemáticos y conceptos físicos fundamentales que permitan iniciar trabajos de investigación en el área de las neurociencias. Para ello se tratarán temas introductorios y avanzados relacionados con el modelado de procesos físicos y biológicos. En cuanto sea posible, el énfasis de los distintos tópicos que serán tratados se adaptará a los campos de investigación de cada uno de los alumnos, principalmente a través de problemas de resolución individual.

Fundamentación: Hoy en día ha crecido notablemente el interés en la investigación en neurociencias. Nuevos recursos de cómputo, el acceso a sofisticadas técnicas experimentales y el desarrollo de métodos de aprendizaje automático, han hecho del área de las neurociencias un tópico del mayor interés.

OBJETIVOS

Objetivos:

Desarrollar los siguientes tópicos: 1) Difusión en biología; 2) Modelos de neuronas; 3) Desarrollar el modelo de Hodgkin y Huxley(HH); 4) Versiones simplificadas del modelo de HH. 5) Complejidad en sistemas biológicos.

Todos estos tópicos se presentaran con la intención de facilitar al estudiante la realización de investigaciones en estos temas.

PROGRAMA

Unidad I: La ecuación de difusión

Caminata aleatoria uni-dimensional; caminatas aleatorias 2 y 3 dimensionales; distribución binomial; distribución Gaussiana; ecuación de Fick; soluciones dependiente del tiempo de la ecuación de Fick; distintos tipos de soluciones. difusión y absorción.

Unidad II: Potenciales de membrana

Potencial de Nernst; Potenciales de Membrana de las células; Neuronas

Unidad III: Propiedades eléctricas de las células

Potenciales eléctricos celulares; potenciales graduados; fotoreceptores; mecanoreceptores; quimiorreceptores; potenciales de acción; propiedades; disparo de potenciales de acción por medio de potenciales graduados; transmisión de potenciales celulares intercelulares;

Unidad IV: Modelos eléctricos de las células

Conductor unidimensional; conductores bidimensionales; células eléctricamente pequeñas; células grandes; conductores con núcleo; derivación de su ecuación; propiedades eléctricas lineales de las células; modelo del cable para células grandes; algunas soluciones para la

ecuación del cable.

Unidad V: El modelo de Hodgkin y Huxley

Perspectiva histórica; potencial de reposo y sus bases iónicas; dependencia del pico del potencial de acción de la concentración de sodio; descripción matemática del modelo de HH; técnicas experimentales; conductividades iónicas; excitabilidad del axón gigante

Unidad VI: Elementos de teoría de la información

El concepto de entropía; propiedades; capacidad de un canal; distancias entre distribuciones de probabilidad; aplicaciones en neurociencias; estudio de registros de EEG e imágenes fNMR

Unidad VII: Complejidad en neurociencia

Medidas de complejidad; interpretación del plano complejidad entropía; ejemplos de aplicación; segmentación de series temporales; ejemplos de aplicación

PRÁCTICAS

Cada capítulo tendrá una o más guías de prácticos, que antes del examen el estudiante deberá entregar resuelta

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Molecular and Cellular Biophysics; Meyer B. Jackson; Cambridge University Press, 2006.
- 2) Random walks in biology, H. Berg, Princeton University Press, 2000
- 3) Cellular biophysics,, T.F Weiss, The MIT Press, 1995
- 4) Molecular and Cellular Biophysics; Jack A. Tuszynski, CRC, 2008

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Junto con la carpeta de problemas resueltos, se tomará un examen escrito sobre algunos de los tópicos dados en el curso y el estudiante deberá exponer un tema elegido por él, relacionado con la temática.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos básicos en matemáticas y física

TÍTULO: Probabilidad y Procesos Estocásticos			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Matemática, Doctorado en Astronomía, Doctorado en Física			

FUNDAMENTOS

La teoría de la probabilidad y los procesos estocásticos es fundamental para la comprensión de muchos desarrollos recientes en diversas áreas de la física y/o la astronomía como dinámica clásica, la mecánica estadística, la física biológica o la mecánica cuántica, y en matemática en el área de probabilidad y ecuaciones diferenciales.

OBJETIVOS

Los contenidos del presente curso surgen como una agrupación natural de temas tratados en mucho menor profundidad en diversas materias del núcleo común de las Licenciaturas en Física, Astronomía y Matemática. El objetivo es proveer al estudiante de los recursos conceptuales y operativos indispensables para abordar la literatura científica actual, donde ésta utiliza como herramientas conceptos y resultados de la teoría de la probabilidad y los procesos estocásticos, con un razonable nivel de capacidad teórica y práctica.

PROGRAMA

Unidad I: Introducción histórica

Motivación, ejemplos históricos; procesos de “nacimiento y muerte”; ruido en sistemas electrónicos.

Unidad II: Conceptos de probabilidad

Eventos y conjuntos de eventos. Probabilidad; variables aleatorias. Probabilidad conjunta y condicional; independencia. Densidad de probabilidad. Momentos, correlaciones y covarianzas. Función característica. Cumulantes, función generatriz. Distribuciones de Gauss y Poisson. Límites de secuencias de variables aleatorias. Estimación, testeo de hipótesis y diseño de experimentos.

Unidad III: Procesos de Markov

Procesos estocásticos. Ecuación de Chapman-Kolmogorov. Continuidad. La ecuación de C-K diferencial. Procesos de salto, difusivos y deterministas. Procesos de Markov estacionarios y homogéneos. Ejemplos.

Unidad IV: Ecuaciones diferenciales estocásticas

Integración estocástica; integrales de Ito y Stratonovich. Ecuaciones diferenciales estocásticas de Ito y Stratonovich; conexión con la ecuación de Fokker-Planck. Ejemplos.

Unidad V: La ecuación de Fokker-Planck

Caso unidimensional: condiciones de contorno; soluciones estacionarias; autofunciones; tiempos de primer pasaje. Caso multidimensional: condiciones de potencial; balance detallado; tiempos de salida.

Unidad VI: Métodos aproximados para procesos difusivos

Desarrollos de ruido pequeño. Eliminación adiabática. Límites de ruidos no-blancos.

Unidad VII: Ecuaciones maestras y procesos de salto

Nacimiento y muerte en una variable. Aproximación por ecuaciones de Fokker-Planck: desarrollo de Kramers-Moyal; desarrollo Omega de van Kampen. Condiciones de contorno. Tiempos de primer pasaje. Nacimiento y muerte en varias variables. Ejemplos. Representación de Poisson.

Unidad VIII: Biestabilidad, metaestabilidad y escape

Difusión en un doble pozo; tiempos de salida; decaimiento de estados inestables. Equilibrio de poblaciones. Sistemas en varias variables: puntos y tiempos medios de salida.

PRÁCTICAS

Resolución de guías de problemas (una por cada unidad), en modalidad presencial en la misma aula asignada al dictado de las clases teóricas, bajo supervisión del encargado del curso, con trabajo mixto individual y grupal. Evaluación mediante la realización de tres Trabajos Prácticos individuales a entregar.

BIBLIOGRAFÍA

- W. Mendenhall, D. Wackerly y R. Scheaffer, Estadística Matemática con aplicaciones. 7ma edición. 2010.
- C. W. Gardiner, Stochastic Methods: A Handbook for the Natural and Social Sciences. Springer, 2010
- N. G. van Kampen, Stochastic Processes in Physics and Chemistry. North-Holland, Amsterdam, 2007.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

- Regularidad: aprobar al menos dos de los tres Trabajos Prácticos.
- Aprobar un Examen final teórico-práctico individual, modalidad escrita.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimiento de análisis matemático y ecuaciones diferenciales al nivel de las Licenciaturas en Matemática, Astronomía o Física.

TÍTULO: Química para física			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Física			

FUNDAMENTOS

Debido a que los trabajos de investigación tienden a ser cada vez más interdisciplinarios y que hay muchas áreas de estudio de la física que requieren conocimientos de Química, este curso se propone brindar a los físicos los conocimientos necesarios para abordar problemas de Físico-Química. A su vez se brindan nociones de herramientas computacionales ampliamente utilizadas en la actualidad en estas áreas, como cálculos ab-initio y simulaciones de tipo Monte Carlo. Estas herramientas teóricas permiten estudiar diferentes sistemas Físico-Químicos, como sólidos, superficies, moléculas, etc. y también el abordaje de sistemas complejos, con aplicaciones a reacciones químicas, adsorción y difusión sobre superficies, estudios de percolación, modelos de opinión y epidemias.

OBJETIVOS

Brindar conocimientos generales de Química, especialmente Inorgánica y Físico-Química. Al mismo tiempo proveer de algunas nociones básicas de cálculos ab-initio y simulaciones de tipo Monte Carlo y Monte Carlo cinético, con aplicaciones a problemas de Física y Química.

PROGRAMA

Unidad I: Principios básicos de Química.

Repaso de conceptos básicos. Breve reseña histórica. Elementos. Teoría atómica. Número atómico, número de masa e isótopos. Formulación de compuestos. Nomenclatura. Unidades de medición en química. Composición porcentual. Soluciones: unidades de concentración.

Unidad II: Reacciones químicas.

Concepto de Mol. Número de Avogadro. Estequiometría. Exceso y defecto. Reactivo limitante. Rendimiento de reacción.

Unidad III: Estructura del átomo.

El átomo de hidrógeno. Función de onda radial. Funciones de onda angulares. Simetría de los orbitales. Energía de los orbitales. El átomo polieletrónico. El espín del electrón y el principio de Pauli. El principio de Aufbau. Configuración electrónica de átomos plurielectrónicos. Teoría de los orbitales moleculares. Enlace covalente de moléculas diatómicas homo- y hetero-nucleares.

Unidad IV: Teoría del Funcional de la Densidad electrónica.

Ecuación de Schrodinger. Aproximación de Born-Oppenheimer. DFT. Teoremas de Hohenberg y Kohn. Ecuaciones de Kohn-Sham. Aproximación de densidad local. Ejemplos de aplicación.

Unidad V: Tendencias periódicas.

Radio atómico. Energía de ionización. Afinidad electrónica. Electronegatividad. Propiedades periódicas (basicidad de óxidos, etc.).

Unidad VI: Enlaces químicos e interacciones intermoleculares.

Tipos de enlace. La regla del octeto y las estructuras de Lewis. Enlace iónico. Enlace

Covalente. Forma molecular. Propiedades moleculares: momento dipolar y energías de enlace. Predicción de la Forma Molecular. Fuerzas Intermoleculares. Dipolo- dipolo. Ion-Dipolo. Fuerzas de Dispersión. Enlaces Puente Hidrógeno.

Unidad VII: Termoquímica.

Ley de Hess. Entalpía de formación y de combustión. Cálculo de la entalpía de reacción a partir de entalpías de formación de reactivos y productos. Reacciones endotérmicas y exotérmicas.

Unidad VIII: Electroquímica.

Reacciones de óxido reducción. Balanceo de ecuaciones por el método del ión-electrón. Tabla de potenciales de electrodo. Criterios de espontaneidad de una reacción.

Unidad IX: Cinética Química.

Cinética de las reacciones. Medida de las velocidades de reacción. Integración de las ecuaciones cinéticas. Reacciones de primer orden. Reacciones de segundo orden. Reacciones de grado n. Determinación de las ecuaciones cinéticas. Ecuaciones cinéticas y constantes de equilibrio de reacciones elementales. Mecanismos de reacción. Ley de Arrhenius.

Unidad X: Equilibrio químico.

Reacciones reversibles, equilibrio dinámico. Constante de equilibrio de una reacción química. Cálculos de equilibrio. Principio de Le Chatelier. Equilibrios iónicos en soluciones acuosas. Equilibrios de disociación. Ácidos y bases. Conceptos de Arrhenius, de Bronsted-Lowry y de Lewis. Equilibrio ácido-base. Producto iónico del agua, escala de pH y pOH. Grado de disociación, ácidos y bases fuertes y débiles. Cálculos de pH.

Unidad XI: Métodos de Monte Carlo y Monte Carlo Dinámico.

Método de aciertos y fallos. Muestreo simple. Muestreo de importancia. Generación de Números aleatorios. Algoritmo de Metrópolis y colaboradores. Modelo de Ising y gas de red. Ejemplos de aplicación. Algoritmo de Gillespie. Diferencias entre Monte Carlo Metrópolis y Monte Carlo dinámico. Aplicación del método para estudiar cinética de reacciones químicas. Aplicación del método para estudiar adsorción y difusión de partículas sobre superficies.

Unidad XII: Nociones básicas de química orgánica.

Alcanos. Reacciones de los alcanos. Isomería óptica de alcanos sustituidos. Cicloalcanos. Alquenos. Alquinos. Hidrocarburos aromáticos. Alcoholes. Éteres. Aldehídos y cetonas. Ácidos carboxílicos. Esteres. Aminas.

PRÁCTICAS

Tres trabajos prácticos de computación (Métodos de Monte Carlo y Monte Carlo cinético)

BIBLIOGRAFÍA

- R. Chang, "Química" 6ta Ed., McGraw Hill, México, (1999)
- P.W. Atkins, "Química General", Trad. española., Ediciones Omega, Barcelona, (1992).
- Shriver and Atkins, "Inorganic Chemistry", quinta edición.
- Mahan/Myers, "Química, curso universitario", Cuarta Edición. Addison-Wesley Iberoamericana.

- Ira N. Levine. "Físico-Química", tercera edición.
- James E. Huheey, Ellen A. Keiter, Rihard L. Keiter, "Química Inorgánica. Principios, estructura y reactividad." Oxford.
- Sheldon M. Ross, Simulation, 2da edición, Prentice Hall, México, 1999.
- A general method for numerically simulating the stochastic time evolution of coupled chemical reactions. D. T. Gillespie, J. Comput. Phys., 22 (1976) 403.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Regularidad con 80% de asistencia y entrega de dos problemas resueltos de cada guía. Informes aprobados de dos de los tres trabajos prácticos de computación. Aprobación con examen final escrito.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimiento de análisis matemático, programación en algún lenguaje de computación, nociones básicas de física.

TÍTULO: Radiación de Sincrotrón			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 15 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Física			

FUNDAMENTOS

Los sincrotrones constituyen en la actualidad las fuentes de radiación más importantes en relación a las particularidades y características del haz que producen y a la diversidad de posibilidades experimentales que ofrecen a una amplia comunidad de usuarios de técnicas de investigación basadas en radiación electromagnética, en un rango espectral que se extiende desde la radiación infrarroja hasta los rayos X duros.

La aparición de sincrotrones de tercera generación a mediados de la década de los 90 condujo a un salto cualitativo en las propiedades del haz de radiación, hecho que posibilitó incursionar hacia nuevos y sofisticados experimentos en todas las áreas que involucran técnicas de medición basadas en radiación de sincrotrón, tanto dispersivas como espectroscópicas y de imágenes, en las últimas dos décadas.

La disponibilidad en Sudamérica del Laboratorio Nacional de Luz de Sincrotrón (LNLS, Campinas, Brasil), que constituye una facilidad experimental internacional, y cuya potencialidad se verá incrementada sustancialmente en breve con la construcción de la nueva fuente de radiación SIRIUS, ha dado lugar al desarrollo local de numerosas técnicas experimentales basadas en radiación de sincrotrón, como también ha promovido la formación de una comunidad de usuarios en franco crecimiento en nuestra región. La necesidad de formar recursos humanos con capacidad para planificar y ejecutar nuevos experimentos haciendo uso de estas instalaciones es una de las motivaciones fundamentales para el dictado del presente curso.

OBJETIVOS

El curso está organizado para proveer al alumno de un panorama amplio sobre todos los aspectos relacionados con la generación y la utilización de radiación de sincrotrón para investigación, partiendo de una introducción a la física de aceleradores y finalizando con instrumentación óptica de rayos X. Se hará particular énfasis en la descripción de las componentes básicas de un sincrotrón, de la radiación electromagnética emitida por partículas cargadas en anillos de almacenamiento de alta energía y de su producción y propiedades. El objetivo general del curso es capacitar al estudiante de doctorado con el conocimiento teórico y las herramientas necesarias para diseñar y conducir experimentos haciendo uso de técnicas basadas en radiación de sincrotrón.

PROGRAMA

Unidad I: Introducción a las fuentes de radiación de sincrotrón.

-Aceleradores de partículas.

Distintos tipos de aceleradores. Clasificación y evolución.

-Componentes básicas de un sincrotrón.

Sistema de inyección. Sistema de imanes deflectores, focalizadores y correctores. Sistema de aceleración. Modos de operación e inyección.

-Introducción a la física de aceleradores circulares.

Energía ganada por vuelta. Dinámica de electrones en un anillo de almacenamiento.

Ecuaciones de movimiento transversal. Soluciones de las ecuaciones de movimiento. Tramos

rectos. Dipolos magnéticos. Cuadrupolos magnéticos. Oscilaciones de betatrón. Espacio de las fases. Emitancia. Tamaño y divergencia del haz. Dispersión. Factor de compresión de momento. Punto de trabajo. Resonancias. Cromaticidad. Sextupolos magnéticos. Oscilaciones de sincrotrón. Ecuaciones de movimiento longitudinal. Solución para pequeñas amplitudes. Espacio de las fases longitudinal. Parámetros de equilibrio. Emitancia. Parámetros transversales y longitudinales del haz de electrones. Minimización de la emitancia. Tipos de redes magnéticas para anillos de almacenamiento. Redes para fuentes de radiación de sincrotrón de última generación.

-Fuentes de radiación de sincrotrón.

Reseña histórica. Relevamiento. Clasificación.

Unidad II: Radiación de sincrotrón.

-Fundamentos básicos.

Radiación emitida por una partícula relativista cargada en movimiento circular. Solución de la ecuación de ondas para una partícula cargada acelerada. Potencia total radiada y distribución angular. Distribución angular y en frecuencia de la radiación emitida por una partícula cargada en movimiento circular. Radiación de sincrotrón. Energía crítica. Polarización de la radiación de sincrotrón. Estructura temporal de la radiación de sincrotrón. Efectos de la emitancia del haz de electrones en el espectro de radiación de sincrotrón. Brillo espectral.

-Instrumentos de inserción.

Instrumentos de inserción planos. Dinámica de la partícula en el campo magnético periódico de un instrumento de inserción plano. Clasificación. Wigglers. Distribución angular y en energía de la radiación emitida en un wiggler. Energía crítica. Polarización. Onduladores. Tratamiento cualitativo de la radiación emitida en un ondulator. Distribución angular y en energía de la radiación emitida en un ondulator. Armónicos. Intensidad integrada. Efectos de la emitancia del haz de electrones en el espectro de radiación de instrumentos de inserción. Brillo espectral. Configuraciones magnéticas para instrumentos de inserción. Instrumentos de inserción para producción de radiación circularmente polarizada.

Unidad III: Instrumentación óptica para radiación de sincrotrón.

-Líneas de luz (beamlines). Componentes básicas.

-Monocromadores de rayos X.

Cristales. Consideraciones generales. Curva de reflectividad de un cristal. Ancho de Darwin. Monocromatización. Resolución en energía. Control de la resolución de un monocromador. Reflexión asimétrica. Eliminación de armónicos. Dispositivos de reflexiones múltiples. Focalización sagital. Configuraciones de cristales monocromadores. Configuraciones de uno, dos y cuatro cristales. Configuración dispersiva y no dispersiva. Configuraciones de cristales analizadores. Geometría de Rowland. Analizadores tipo Johann, Johansson, Cauchois. Analizador en geometría de retrodifracción.

-Espejos de rayos X.

Teoría de Fresnel de la reflexión total. Índice de refracción de rayos X. Correcciones de dispersión al factor de forma atómico. Ángulo de reflexión total. Reflectividad.

Aplicaciones: Colimación, focalización, eliminación de armónicos.

PRÁCTICAS

Las actividades prácticas consistirán en la resolución de guías de problemas relacionados con el contenido teórico de la materia. Se prevén clases prácticas de consulta. La evaluación de las actividades prácticas consistirá en la resolución de problemas de deber. Su aprobación

será condición necesaria para regularizar el curso.

BIBLIOGRAFÍA

- P.J. Duke, Synchrotron radiation: production and properties (Oxford University Press, 2009).
- H. Wiedemann, Synchrotron Radiation (Springer, 2003).
- P. Germain, Introduction aux Accélérateurs de Particules, CERN 89-07, segunda edición (CERN, Ginebra, 2006).
- P. Willmott, An Introduction to Synchrotron Radiation (Wiley, 2011).
- Synchrotronstrahlung zur Erforschung kondensierter Materie, editado por el Institut für Festkörperforschung, Forschungszentrum Jülich (Jülich, 1992).

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Para obtener la regularidad del curso: cumplir un mínimo de 70% de asistencia a las clases y realizar y aprobar problemas de deber.

Para aprobar el curso: aprobar un examen escrito sobre los contenidos teóricos y prácticos del curso.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos avanzados de electromagnetismo. Conocimientos sobre interacción de la radiación X con la materia.

TÍTULO: Técnicas avanzadas de diseño de software			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Matemática, Doctorado en Astronomía, Doctorado en Física, Doctorado en Ciencias de la Computación			

FUNDAMENTOS

En la actualidad, el diseño de software enfrenta retos significativos debido a la creciente complejidad de los sistemas y la necesidad de mantener estándares de calidad. Este programa está diseñado para ofrecer a los participantes una comprensión profunda de las técnicas avanzadas en diseño de software, abarcando tanto los principios teóricos, las prácticas aplicadas, análisis de software real y tendencias futuras de modelos generativos e inteligencia artificial.

Si bien algunos conceptos pueden haber sido introducidos en asignaturas de grado, este curso los retoma por necesidad y profundiza desde una perspectiva integradora y aplicada, enfocándose en su implementación en sistemas complejos del mundo real y en el contexto de las tendencias tecnológicas emergentes, proporcionando así una visión más orientada a la práctica profesional actual.

OBJETIVOS

que el alumno comprenda la importancia de los principios fundamentales del diseño de software para crear sistemas robustos y mantenibles, así como las causas y efectos de la entropía en el software y las estrategias modernas de diseño para mitigar su impacto en la calidad y escalabilidad. Se busca proporcionar herramientas y metodologías para asegurar la calidad del software a través de buenas prácticas, fomentando la aplicación de patrones de diseño y heurísticas que optimicen la mantenibilidad y el rendimiento del código. Además, se pretende que el alumno adquiera herramientas teórico-prácticas para el desarrollo de software para grandes volúmenes de datos y así como proyectos que integren modelos modernos de inteligencia artificial.

PROGRAMA

Unidad I: Fundamentos diseño y entropía del software

Revisita al diseño de Software su definición y objetivos. Los principios fundamentales del buen diseño. Contexto histórico desde la creación de las primeras computadoras, hasta el cloud computing e inteligencia artificial. Las lecciones aprendidas de "The Mythical Man-Month" de Frederick Brooks. Ley de Brooks. Complejidad de la comunicación en equipos grandes. El efecto del segundo sistema. Entropía el contexto del software. Entropía como fenómeno físico. Causas del aumento de la entropía: cambios frecuentes, falta de documentación, deuda técnica, inconsistencias en el diseño, código legacy, complejidad creciente. Impacto en la mantenibilidad y escalabilidad. El buen diseño como estrategias de mitigación. Casos de Estudio: Análisis de impacto y lecciones aprendidas de cada caso. Desafíos Continuos en el Diseño de Software Ley de Wirth: crecimiento de la complejidad del software vs. métodos para manejarla.

Unidad II: Calidad

Calidad total, definición de calidad de software. Importancia de la calidad en el desarrollo de software. Conceptos fundamentales: verificación y validación. Deuda técnica. Tipificación de casos de code smells y de refactoring. Herramientas y métricas de análisis estático y dinámico de código. Análisis de sistemas de versionado de código para el estudio de tendencias. Triangulación de problemas de rendimiento. Análisis de cobertura de código y pruebas de mutación. Testing avanzado: Tests basados en propiedades, fuzzy testing, test de comportamiento (behavioral testing). Análisis de sensibilidad paramétrico. Administración de datos de tests (Test data management). Generación de datos ficticios (Faker) y anonimización.

Unidad III: Diseño

Principios de simplicidad, no necesidad y no repetición (KISS, DRY y YAGNI). Patrones de diseño para creación, comportamiento y estructura de objetos y funciones, y su implicancia en mantenibilidad, seguridad y rendimiento del código. Heurísticas de Diseño Orientado a Objetos: Inmutabilidad; Lenguaje Ubicuo y Metáforas del Dominio; Valores Nulos (Null Object Pattern); Arquitectura del Sistema en el Código; Entidades del Dominio como Objetos; Invarianza de Objetos; Encapsulamiento; Objetos Cohesivos y Completos. Clean Architecture, Clean Code Principles, Boy Scout Rule, Command Query Separation (CQS), Single Responsibility Principle (SRP) para arquitectura, Dependency Rule, Humble Object Pattern, Transformation Priority Premise, Four Rules of Simple Design y STABLE Patterns. Aplicación de estos principios en el diseño y desarrollo de software de calidad. SOLID, CUPID y GRASP. Patrones para ciencia de datos: Estimador-Transformador (Template Method), Pipeline/Composite y Accessor.

Unidad IV: Optimización y gran volumen de datos

Proceso y costos de la optimización. Niveles de optimización (código fuente, diseño, tiempo de ejecución). Soluciones simples a problemas de optimización. Reemplazo por código de bajo nivel, compiladores justo a tiempo. Arreglos, data frames y actores para gran volumen de datos. Ray, Spark y Dask. Datos en alta dimensión (Xarray). Uso de patrones de diseño para el paralelismo y concurrencia (caso Joblib y Trio). Monkeypatching para paralelismo y rendimiento. Principios y aplicaciones del monkeypatching en bibliotecas de alto rendimiento. Caso de estudio: Modin y su enfoque para paralelizar Pandas. Grafos acíclicos dirigidos como patrón de diseño para pipelines (Luigi, Bonobo y Airflow). Sistemas de colas vs. sistemas de streaming. Casos: AMQP y Apache Kafka.

Unidad V: Diseño e inteligencia artificial

Proceso de diseño de aplicaciones que involucran modelos probabilísticos. Modelos generativos dentro del proceso de diseño y desarrollo. Reutilización de modelos (Transfer learning). IA en el Edge, Automatización del proceso de aprendizaje (AutoML), IA e Interpretabilidad, pruebas y validación de modelos, sistemas de recomendación avanzados, pruebas de Robustez y Seguridad.

PRÁCTICAS

La evaluación consistirá en dos prácticos que involucran la aplicación de los conceptos teóricos y prácticos:

Análisis de un proyecto de software existente: El alumno realizará un informe que incluya las primeras dos unidades de la materia, realizando mediciones de métricas y gráficos que representen la calidad del proyecto analizado.

Propuesta y reingeniería: Con el informe realizado, se elaborará una propuesta de mejora para el software y la reingeniería/refactorización de las críticas encontradas, aprovechando las técnicas de diseño aprendidas en las unidades 3, 4 y 5.

BIBLIOGRAFÍA

Amershi, Saleema, et al. "Software engineering for machine learning: A case study." 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE-SEIP). IEEE, 2019.

Bagare, P., & Desyatnikov, R. (2018). Test Data Management in Software Testing Life Cycle-Business Need and Benefits in Functional, Performance, and Automation Testing.

Brooks, F. P. (1975). The mythical man-month: Essays on software engineering. Reading, MA: Addison-Wesley.

Buitinck, L., Louppe, G., Blondel, M., Pedregosa, F., Mueller, A., Grisel, O., ... & Varoquaux, G. (2013). API design for machine learning software: experiences from the scikit-learn project. arXiv preprint arXiv:1309.0238.

Burkov, A. (2020). Machine learning engineering. True Positive Inc.

Fink, G., & Bishop, M. (1997). Property-based testing: A new approach to testing for assurance. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 22(4), 74-80.

Folk, M., Cheng, A., & Yates, K. (1999). HDF5: A file format and I/O library for high performance computing applications. In Proceedings of Supercomputing (Vol. 99, pp. 5-33).

Fowler, M. (2018). Refactoring: Improving the design of existing code (2nd ed.). Boston, MA: Addison-Wesley.

Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., & Vlissides, J. (1994). Design patterns: Elements of reusable object-oriented software. Reading, MA: Addison-Wesley.

Kleppmann, M. (2017). Designing data-intensive applications: The big ideas behind reliable, scalable, and maintainable systems. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.

Lam, S. K., Pitrou, A., & Seibert, S. (2015). Numba: A LLVM-based Python JIT compiler. In Proceedings of the Second Workshop on the LLVM Compiler Infrastructure in HPC (p. 7). ACM.

Martin, R. C. (2011). The clean coder: A code of conduct for professional programmers. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Martin, R. C. (2017). Clean architecture: A craftsman's guide to software structure and design. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

McKinney, W. (2011). pandas: a foundational Python library for data analysis and statistics. Python for high performance and scientific computing, 14(9), 1-9.

Rocklin, M. (2015). Dask: Parallel computation with blocked algorithms and task scheduling. In Proceedings of the 14th Python in Science Conference (pp. 130-136).

Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Hoboken, NJ: Pearson.

Shvets, A. (2019). Dive into design patterns. Independently published.

Thomas, D., & Hunt, A. (2019). The pragmatic programmer: Your journey to mastery (20th

Anniversary Edition). Boston, MA: Addison-Wesley.

Además de la bibliografía mencionada, el curso incorporará papers y publicaciones recientes que reflejen el estado del arte en los temas abordados, asegurando una perspectiva actualizada y al frente de la innovación en el campo del diseño y arquitectura de software.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Examen oral al finalizar el curso con la presentación de un trabajo integrador relacionado con el tema de investigación.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos de programación de nivel medio (El curso usa principalmente Python, pero cualquier lenguaje esta bien).

TÍTULO: Teoría Cuántica de Campos en Sólidos 1: Una introducción al problema de muchos cuerpos			
AÑO: 2025	CUATRIMESTRE: 1°	N° DE CRÉDITOS: 3	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 40 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Física			

FUNDAMENTOS

En términos conceptuales este curso se extienden los conceptos desarrollados en los cursos de Mecánica Cuántica, Termodinámica y Mecánica estadística para explicar propiedades de la Materia Condensada que impactan en los desarrollos conceptuales y las tecnologías actuales.

OBJETIVOS

Desarrollar en profundidad las técnicas de teoría de Campos, principalmente Integrales de Camino, Funciones de Green y Formalismo de Keldysh para campos fuera de Equilibrio. A partir de ellos, justificar algunas de las novedosas propiedades de nuevos materiales y dispositivos (electrónicas, térmicas, mecánicas y magnéticas) y las interacciones a escala atómica formuladas dentro de un formalismo cuántico avanzado.

Poner al estudiante, en condiciones de iniciar investigación original para explicar experimentos o hacer desarrollos teóricos originales en estos campos:

PROGRAMA

Unidad I: Respuesta lineal: Función Respuesta y Función de Green

Respuesta lineal en un problema simple: Oscilador armónico forzado, Función respuesta (Kramers-Kronig). Osciladores acoplados, Función de Green y Función Respuesta, Diagramas de Feynman, Perturbación de Wigner-Brillouin, Ecuación de Dyson. (Angostamiento por intercambio).

Unidad II: Campos clásicos como problema de muchos cuerpos

Cadena infinita de osciladores: expresiones analíticas para la self-energy, relación de dispersión. Estados extendidos. Eco mesoscópico. Defecto en una Cadena lineal: estados localizados. Aparición del rozamiento. Transición de fase dinámica.

Unidad III: Dinámica Cuántica.

Función de Green Retardada (Propagador). Método de Trotter-Susuki. Método de fase estacionaria. Expansión Perturbativa. Resolución del problema con condición inicial dependiente del tiempo (inyección temporal). Transformada de Fourier de la Función de Green en el tiempo y el espacio: coordenadas de Wigner transformación de Weyl. Resolución de la ecuación de Difusión.

Unidad IV: Modelos Solubles.

Discretización de la ecuación de Schrödinger. Casos: 2 orbitales, N orbitales. Propiedades asintóticas de la Serie de Fibonacci: exponente de Lyapunov. Matriz de promoción y las propiedades espectrales. Cadena Ordenada finita y Semi-infinita: Densidad de estados local, Aproximación de grano grueso. Ramificación y localización topológica. Mapa de Poincaré. Modelo de Lloyd para una cadena desordenada. Desorden de Anderson. Estado superficial, estado de impureza y estado absorbido. Propiedades analíticas de $G_0(E)$. Sorpresas en el decaimiento temporal de la $G_0(t)$ (cuadrático-->exponencial--> $1/t^3$).

Unidad V: Función de Green en el Formalismo de Campos.

Repaso: (Átomos multielectrónicos y moléculas. Las soluciones de Hartree. La propuesta de Fock. Determinante de Slater. Identidad de las Partículas. Segunda cuantificación.) Operadores de Campo. Analogías con los campos clásicos. Teorías perturbativas. Teoremas de Wick y de Gellman-Low. Expansiones Diagramáticas en propagadores de una partícula. Promedio sobre ensambles. Vida media por colisiones con impurezas. Cálculo diagramático. Camino libre medio. Decoherencia vs. coherencia de fase.

Unidad VI: Bosones , Espines y Fermiones de Majorana.

Propiedades de los Bosones. Ejemplos. Fonones acústicos. Condensado de Bose. Transformación de Bogoliubov. Superfluidos. Sistemas de espines. Transformaciones de Wigner-Jordan para Fermionización y Bosonización. Excitaciones elementales. Fermiones de Majorana y Modelos Sachdev-Yee-Kitaev

Unidad VII: Gas de Electrones Interactuantes.

Aprox. de Hartree-Fock en el formalismo diagramático. Método de la ecuación de Movimiento. Screening. Aproximación de Lindhard. Oscilaciones de Friedel. Oscilaciones de Plasma. Anomalía de Kohn. Regla de suma de Friedel. Transición de Peierls.

Unidad VIII: Consecuencias Experimentales Actuales

Dinámica semi-clásica: Campo eléctrico pequeño. Oscilaciones de Bloch. Ecuación de Boltzmann. Tensor de conductividad. Ejemplos. Corriente alterna, Gradiente térmico. Coeficientes generales de transporte. Tiempos de vida de transporte. Camino libre medio de transporte. Teoría de Líquidos de Fermi, Tiempo de vida electro-electrón. Interacción electrón-fonón. Ley de Bloch. Efecto Kondo.

Unidad IX: Formalismo de Keldysh y su resolución: Ecuaciones Generalizadas de Landauer-Büttiker (GLBE)

Repaso del transporte decoherente. Idea de Hamiltoniano efectivo. El formalismo de Keldysh para las funciones de temperatura finita. Una aproximación semiclásica para la dependencia temporal. Densidad de estados y ocupaciones. Contactos como condiciones de contorno. Ecuaciones cinéticas. Evaluación de corrientes. Tunneling dependiente del tiempo. Efectos de la decoherencia. Ecuaciones de Landauer-Büttiker en el régimen macroscópico. Régimen Balístico: Sistemas débilmente desordenados. Aproximación de escalera para el propagador partícula agujero. Ecuación de Difusión. Régimen localizado. Transporte por Saltos de Rango Variable.

Unidad X: Aplicaciones actuales de Dinámica Cuántica.

Oscilaciones de Bloch. Teoría de Floquet y su relación con Hamiltonianos promedio. Formalismos y magnitudes básicas: Emisividad, tiempo de tránsito, tiempo de coherencia cuántica. Bombas y motores cuánticos. Generación de Hamiltonianos efectivos. Cristales en el Tiempo.

PRÁCTICAS

Se deben resolver problemas teóricos de aplicación que serán supervisados y discutidos individualmente con el docente. Se implementarán los conceptos teóricos en forma de códigos de Cálculo en lenguaje Matemática y Fortran. El trabajo es individual pero supervisado por el

docente. enfatizando la discusión física de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics : An Introduction

Henrik Bruus, Karsten Flensberg

Oxford University Press, USA (2004)

Alexander Altland and Ben D. Simons

“Condensed Matter Field Theory”

Cambridge University Press; 2 edition (2010)

R. P. Feynman and A. R. Hibbs

Quantum Mechanics and Path Integrals

McGraw Hill 1965

Charles Kittel

Quantum Theory of Solids

John Wiley & Sons 1963

Richard D. Mattuck

“A Guide to Feynman Diagrams in the Many-Body Problem, 2nd Ed.” ISBN: 0-486-67047-3

Dover (1992)

Hartmut Haug and Antti-Pekka Jauho

Quantum Kinetics in Transport and Optics of Semiconductors

(Springer 2007)

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Artículos y Reviews recientes varios disponibles en
<http://www.lanais.famaf.unc.edu.ar/cursos/qts/>

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Se hará una evaluación final donde el alumno dialoga con el docente sobre los resultados obtenidos con los códigos de cálculo desarrollados y las soluciones analíticas de los problemas planteados durante el curso.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Ser licenciado en Física, en Química o Formación equivalente