

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

PROGRAMA DE ASIGNATURA	
ASIGNATURA: El Método Monte Carlo aplicado en la Física.	AÑO: 2025
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 5° año 1° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Física	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

Fundamentos del Curso

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.

Objetivo del Curso

Este curso 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.

CONTENIDO

Unidad 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 2: 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 3: 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 4: Generación de Números Aleatorios y Variables

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

Unidad 5: Aplicaciones en Física Estadística

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

- 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 6: Método Monte Carlo en Mecánica Clásica

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

Unidad 7: Kinetic Monte Carlo (kMC)

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

Unidad 8: 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 9: 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 10: 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 11: Algoritmos Genéticos con Monte Carlo

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

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- 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 [https://phyusdb.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/03/monte-carlo-methods-second-revised-and-enlarged-edition.pdf]
- "The Monte Carlo Method in the Physical Sciences" de Sobolev. [https://phyusdb.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/03/monte-carlo-methods-second-revised-and-enlarged-edition.pdf]
- Introduction to the variational and diffusion Monte Carlo. Julien Toulouse, Roland Assaraf, C. J. Umrigar. [https://arxiv.org/abs/1508.02989] methods. Julien Toulouse, Roland Assaraf, C. J. Umrigar. [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]
- PENELOPE, a code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport. Francesc Salvat

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

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. Nilsen [https://arxiv.org/abs/physics/0609191v1]
- Librería NumPy. [https://numpy.org/es/]

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

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.
- 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)

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

La evaluación es continua mediante la presentación de 5 (cinco) Trabajos Prácticos y un Trabajo Final, que debe ser presentado al final del Curso.

La evaluación final se concreta con una presentación oral del trabajo final que cada alumno realizó. El cual también puede ser llevado a cabo por un pequeño grupo de alumnos si el trabajo y los alumnos lo requirieran.

REGULARIDAD

1. Cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teóricas - prácticas.
2. Aprobar al menos el 60% de los Trabajos Prácticos.

PROMOCIÓN

1. Cumplir un mínimo de 80% de asistencia a clases teóricas - prácticas.
2. Aprobar todos los Trabajos Prácticos, o el Informe Final de la Práctica de la Enseñanza con una nota no menor a 6 (seis).
3. Aprobar un coloquio.

CORRELATIVIDADES

Para cursar regularizadas: Física Experimental V, Mecánica Cuántica I, Termodinámica y Mecánica Estadística II

Para rendir aprobadas: Física Experimental V, Mecánica Cuántica I, Termodinámica y Mecánica Estadística II