



Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMAF
Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EX-2024-00605830- -UNC-ME#FAMAF

PROGRAMA DE ASIGNATURA	
ASIGNATURA: Materia Activa	AÑO: 2024
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 4° año 2° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Física	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

La Materia activa refiere a sistemas de partículas que poseen la capacidad de autopropulsarse. Estos sistemas abundan en la naturaleza principalmente como conjuntos de agentes vivos susceptibles de ser estudiados con los métodos de la mecánica estadística. Pero, todavía no disponemos de una teoría para la materia activa, dado que esta no posee cantidades conservadas conocidas, está fuera del equilibrio y no cumple con algunos principios de la física, siendo así, un objeto de estudio ideal para extender los alcances de esta. Por esto, la materia activa se encuentra a la vanguardia de la investigación contemporánea, tanto en el aspecto teórico como en el aplicado, generando nuevas herramientas matemáticas, computacionales y experimentales.

En este curso se repasaremos los resultados más destacados de los 30 años de desarrollo en el campo de la materia activa. Presentaremos los sistemas naturales y los experimentos más relevantes. Mostraremos los diferentes enfoques teóricos con que se intenta describir a la materia activa y su relación entre ellos y las herramientas matemáticas y computacionales empleadas tanto en el estudio en laboratorio como en el modelado teórico. Finalmente abordaremos las características más inusuales y difíciles de describir de la materia activa para las cuales sólo existen conjeturas sobre el camino a seguir.

El objetivo del curso es que el estudiante posea, al finalizarlo, un conocimiento general de los resultados experimentales más relevantes como así también, las técnicas y metodologías que llevan adelante el desarrollo actual de la disciplina.

De este modo, el estudiante debería ser capaz de ubicar los métodos de artículos o charlas específicos. Además, se espera que pueda reproducir los algún resultado que le sea de interés.

El curso estará estructurado en clases teóricas donde explicaremos un concepto, mostraremos un sistema físico que lo ilustre y desarrollaremos una herramienta teórica o computacional para describirlo.

La parte práctica consistirá en la exposición por parte de un alumno de artículos que motiven la discusión de los conceptos abordados. Además, por cada unidad, se pedirá realizar algunos cálculos y/o simulaciones sencillos que deberán ser entregados para su corrección.

El examen final de la materia consistirá en realizar un trabajo integrador, basado en algún artículo publicado o tema de interés, que deberá ser expuesto el día del examen frente al tribunal.

CONTENIDO

Fundamentos

Materia pasiva. Sistemas en equilibrio. Violación del teorema de Mermin-Wagner. Materia viva y materiales activos. Modelos microscópicos: El modelo de Vicsek. Modelos fenomenológicos: Modelo de Toner y Tu. Transiciones de fase activas. Fluctuaciones gigantes de la densidad.

Sistemas naturales y experimentales.

Correlaciones en bandadas de estorninos. Interacciones en sistemas biológicos: métricas, topológicas, asimétricas, ferromagnéticas, nemáticas. Cardúmenes. Rebaños de ovejas y otros ungulados. Insectos. Partículas de Jano. Quinke rollers. Microswimmers.

EX-2024-00605830- -UNC-ME#FAMAF

3 Modelado computacional

Ecuaciones de Langevin en materia activa. Fuerzas no conservativas y cantidades no conservadas. Método de Euler-Maruyama. Diferencia entre los métodos iterativos. Interacciones ferromagnéticas, nemáticas y sociales. MIPS y movimiento colectivo.

4 Modelos teóricos.

Ecuaciones macroscópicas, fenomenológicas y promediadas. Cálculo de Ito. Estabilidad del estado homogéneo. Ecuaciones de Chan-Hilliard y modelos Phi. Transiciones de fase de primer orden. Modelos basados en procesos de Orstein-Uhlenbeck

5 Resultados antiintuitivos

Ruptura del principio de acción y reacción. Líneas de tráfico, peatones, células confinadas, quimiotaxis. Violación del Teorema del Límite Central. Termodinámica estocástica.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- A modern course in statistical physics 2ed, Reichl, Springer (1998)
- Stochastic Processes in Physics and Chemistry, van Kampen, North-Holland (1992)
- Active matter within and around us, Pismen, Springer (2020)

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- The Physics of Flocking, Toner, Cambridge University Press (2024)
- Active MAtter and Nonequilibrium Statistical Physics, Gompper et al. Oxford University Press (2022)
- An Introduction to Stochastic Thermodynamics, Shirsishi, Springer (2023)

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

Por cada unidad se realizará una evaluación parcial. La misma consistirá en una exposición oral sobre el tema o la realización de un trabajo práctico relacionado (simulación o matemático).

REGULARIDAD

Para regularizar se deberán aprobar tres de las instancias de evaluación con nota superior 60%.

PROMOCIÓN

Cumplir un mínimo de 80% de asistencia a clases teóricas, prácticas, o de laboratorio.
Aprobar un coloquio.

CORRELATIVIDADES

Para cursar: Mecánica, Termodinámica y Mecánica Estadística II y Métodos Matemáticos de la Física II (regularizadas)

Para rendir: Mecánica, Termodinámica y Mecánica Estadística II y Métodos Matemáticos de la Física II (aprobada)