

Teoría de la Materia Condensada

> Simulaciones numéricas en sistemas magnéticos con desorden

El estudio de los sistemas magnéticos está impulsado por su gran variedad de aplicaciones y los numerosos interrogantes que origina debido a la complejidad de los sistemas investigados. Por ejemplo, las perovskitas magnéticas están formadas por dos subredes, una que consiste de cationes de un metal de transición y otra red formada por cationes de tierras raras. Por debajo de una temperatura crítica, los iones del metal de transición ordenan sus momentos magnéticos en un orden antiferromagnético. En el caso de que las tierras raras posean un momento magnético permanente se ordenan también, pero a una temperatura menor. El acoplamiento magnético de estas dos subredes en combinación con las interacciones Dzyaloshinskii-Moriya dan origen a una rica fenomenología de comportamientos magnéticos, tales como magnetización reversa, exchange bias y la reorientación de espines; propiedades que dependen fuertemente del desorden como es el caso de las soluciones sólidas. En este sentido, las simulaciones de Monte Carlo en modelos de espines clásicos son fundamentales para entender sus propiedades magnéticas. Esta propuesta de trabajo final consiste en estudiar uno o varias de las propiedades magnéticas de estos sistemas las cuales se detallan a continuación. Caracterizar los mecanismos para la reversión de la magnetización en perovskitas de tipo $RFe(1-x)Cr_xO_3$ donde R es una tierra rara, o en sistemas similares con interacciones competitivas. Analizar los mecanismos que dan origen al fenómeno de exchange bias en sistemas con inhomogeneidades. Modelar perovskitas magnéticas para el caso de tierras raras con momento magnético permanente analizando el fenómeno de la reorientación de espines. Para llevar a cabo los estudios se realizarán simulaciones de Monte Carlo que serán interpretadas utilizando modelos de campo medio y otras herramientas de la mecánica estadística. [1] Signs of superparamagnetic cluster formation in $LuFe_{1-x}Cr_xO_3$ perovskites evidenced by magnetization reversal and Monte Carlo simulations F. E. Lurgo, O. V. Billoni, V. Pomjakushin, J. P. Bolletta, C. Martin, A. Maignan, and R. E. Carbonio, PRB, 103, 014447, (2021). [2] Magnetization reversal in mixed ferrite-chromite perovskites with non magnetic cation on the A-site O. V. Billoni, F. Pomiro, S. A. Cannas, C. Martin, A. Maignan, R. E. Carbonio J. Phys.: Condens. Matter 28 (2016) 476003.

>>> **Docente:** Orlando V. Billoni – Correo: orlando.billoni@unc.edu.ar
Más información: <https://www.famaf.unc.edu.ar/~billoni/interes.html>

> Emergencia espontánea de una tercera posición en un modelo de formación de opinión: el caso de dinámicas no conservativas

Es bien conocido que cualquier actividad social está basada en el intercambio de información entre los individuos que forman parte de una comunidad [1]. Esta dinámica de intercambio constituye la base sobre la cual un proceso de toma de decisión se lleva a cabo. Sin embargo, varios aspectos del comportamiento colectivo no dependen de las características individuales. De hecho, a pesar de distintas características asociadas a las actividades humanas, los modelos propuestos por la física estadística han sido capaces de explicar satisfactoriamente diversos aspectos colectivos de los sistemas sociales. En particular, el modo en el que la ideología es influenciada por las interacciones cotidianas entre los individuos es uno de los temas que ha sido tratado profundamente. Por un lado, un modelo ampliamente usado para describir la formación de opinión en una comunidad ha sido el modelo de Sznajd. Su éxito se debe básicamente a dos hechos, la simplicidad de su formulación y el carácter localmente isotrópico de las interacciones definidas por este modelo. Por otro lado, se ha mostrado que la formación

de opinión puede ser fuertemente afectada por la existencia de estructuras dentro de una dada comunidad. Recientemente fueron analizados los efectos de las heterogeneidades espaciales en las condiciones iniciales en el contexto de un mapa ideológico en el modelo de Sznajd. Mediante un análisis fractal espacio temporal se encontró la emergencia espontánea de una tercera posición ideológica [2-3]. Dicho análisis tuvo en cuenta, entre otros factores, que el número total de individuos participantes en el debate era constante. El presente proyecto pretende realizar una generalización de esta hipótesis, considerando que el número de participantes en el debate pueda modificarse a través de la evolución. Por medio de un análisis teórico basado en procesos estocásticos y teoría de la información se buscará establecer nuevas características de la dinámica del sistema. En particular, se buscará establecer si existen condiciones bajo las cuales o bien haya una extinción en una de las posiciones ideológicas o no exista generación de terceras posiciones. Referencias [1] C. Castellano, S. Fortunato, V. Loreto, Rev. Mod. Phys, 81, 591 (2009). [2] M.E. Gaudiano, J.A. Revelli, Physica A 521, 501 (2019). [3] M.E. Gaudiano, J.A. Revelli, Eur. Phys. J. B, 94, 89, (2021).

>>> **Docente:** Jorge Alberto Revelli – Correo: jorge.revelli@unc.edu.ar

> **Control de transporte electrónico mediante fonones quirales**

La quiralidad es una propiedad que caracteriza a un objeto cuando no es idéntico a su imagen especular. En física de la materia condensada, tal propiedad es frecuentemente observada en fermiones, tras la ruptura de las simetrías de reversión temporal e inversión espacial. Esto dio lugar a fenómenos muy notorios como el efecto Hall cuántico y los semimetales de Weyl. En el caso de los bosones, sin embargo, la propiedad de quiralidad ha sido elusiva hasta su reciente observación en monocapas de diselenuro de tungsteno [1]. Esto ha despertado gran interés no solo en el ámbito de fonónica, sino también en el área de transporte electrónico, ya que la interacción entre electrones y fonones quirales da lugar a transporte quiral electrónico, con características singulares como la generación de estados de borde copropagantes con polarización de valle [2]. En este proyecto, nos interesa profundizar el estudio de la interacción electrónica con fonones quirales en nanocintas de grafeno y sistemas similares. En particular, se busca entender el rol del borde del material con el sentido de propagación electrónica, en vistas a posibles aplicaciones en el ámbito de la nanoelectrónica. [1] H. Zhu et al, Observation of chiral phonons, Science 359, 579 (2018). [2] J. Medina Dueñas, H. L. Calvo, and L. E. F. Foa Torres, Copropagating edge states produced by the interaction between electrons and chiral phonons in two-dimensional materials, Phys. Rev. Lett. 128, 066801 (2022).

>>> **Docente:** Hernán L. Calvo – Correo: hcalvo@unc.edu.ar

> **Efectos de las condiciones iniciales en las estructuras topológicas en modelos de formación de opinión**

La caracterización de la complejidad en diversos sistemas (ya sea físicos, biológicos hasta sistemas sociales y económicos) ha dado lugar a un buen número de fenómenos. En particular, las estructuras socio - políticas de las comunidades (a todos los niveles) ha mostrado a través de diferentes períodos históricos marcadas, y en algunos casos, abruptas dinámicas de cambio. En este sentido la física estadística ha contribuido a plantear y en determinadas ocasiones a dar respuesta a tales fenómenos. En el ámbito la sociología, diversas dinámicas propias de estos sistemas, tales como la formación de opinión, la evolución de los aspectos culturales, la segregación, etc., han sido exitosamente explicadas por modelos provenientes de la física [1]. En particular, algunas propiedades y comportamientos no monótonos fueron observados al analizar el modelo de Sznajd de formación de opinión. Concretamente, en un dado marco espacial se ha observado la emergencia espontánea de una nueva estructura topológica (básicamente asociado a una nueva posición ideológica) [2-3]. Dicha característica se manifestó bajo condiciones iniciales tanto aleatorias como estructuradas. Por medio de simulaciones numéricas, la dependencia de la trayectoria de probabilidad en las estructuras iniciales fue cuantificada en términos de la entropía. Varios regímenes entrópicos han sido detectados. Sin embargo, la naturaleza de ese comportamiento no ha sido estudiado aún en otros modelos de formación de opinión. Por medio de la teoría de los procesos estocásticos y de la información, el trabajo propuesto estudiará las posibles respuestas en la topología espacial debidas a diferentes condiciones iniciales. Dicho estudio será aplicado a determinados modelos de

formación de opinión, por caso el modelo del votante y sus variantes. Por medio de simulaciones se buscará establecer si en estos modelos tienen lugar una emergencia espontánea de nuevos patrones. En tal caso se buscará determinar, tanto teórica como numéricamente, bajo qué condiciones iniciales es posible observar dicho fenómeno. Referencias [1] C. Castellano, S. Fortunato, V. Loreto, Rev. Mod. Phys, 81, 591 (2009). [2] M.E. Gaudiano, J.A. Revelli, Physica A 521, 501 (2019). [3] M.E. Gaudiano, J.A. Revelli, Eur. Phys. J. B, 94, 89, (2021).

>>> **Docente:** Jorge Alberto Revelli – Correo: jorge.revelli@unc.edu.ar

> **Dinámica sobre redes complejas de agentes que compiten**

El estudio de los sistemas sociales y socio–tecnológicos, en el marco de la física de los sistemas complejos, ha comenzado un desarrollo sostenido en la última década. Además, el notable avance académico de la teoría de redes complejas ha impulsado un nuevo marco para estudiar procesos evolutivos en estructuras relacionales no triviales tales como las observadas en diversos sistemas sociales; de la misma manera que el desarrollo de la teoría de juegos ha sido muy relevante para la representación de interacciones y sus consecuencias dinámicas. Es decir, en estos sistemas tanto la dinámica como la estructura de las interacciones son relevantes para entender los comportamientos colectivos emergentes, en particular cuando las interacciones que subyacen son complejas. En varios deportes, particularmente en el ajedrez, se emplea un sistema de puntuación que se denomina Elo para calificar el nivel de juego de jugadores o equipos. En este esquema de calificación existe una dinámica de transferencia de puntos en la cual se conserva el Elo total de todos los jugadores o equipos. Los jugadores incrementan su Elo si tienen un desempeño que supera las expectativas, la cual está determinada por el Elo que tienen al comienzo de la competencia. Es decir, el sistema de calificación permite anticipar el resultado de un enfrentamiento entre jugadores o equipos. En particular, en el caso del ajedrez la estructura de interacciones entre jugadores tiene una topología compleja [1]. Si bien este sistema da buenos resultados para comparar el nivel de juego entre jugadores de una comunidad de jugadores activos, surge el interrogante de si es correcto utilizar este esquema para comparar el desempeño de jugadores de distintas épocas o comunidades. En este sentido, una pregunta relacionada es si existe un efecto inflacionario asociado a este sistema de calificación. Esta propuesta de trabajo final consiste en realizar simulaciones numéricas de la dinámica de transferencia de Elo de agentes que interactúan en redes complejas con distintas topologías. La idea es emular la evolución del desempeño de una comunidad de jugadores y comparar los resultados con datos empíricos [1,2]. [1] Structure constrained by metadata in networks of chess players N. Almeida, A. L. Schaigorodsky, J. I. Perotti, O. V. Billoni Scientific Reports (7) 15186, (2017). [2] A Study of Memory Effects in a Chess Database A. L. Schaigorodsky, J. I. Perotti and O. V. Billoni PLOS ONE 2016.

>>> **Docente:** Orlando V. Billoni – Correo: orlando.billoni@unc.edu.ar

Más información: <https://www.famaf.unc.edu.ar/~billoni/interes.html>

