

MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Estudio a escala atómica de un material altermagnético mediante un microscopio de Efecto Túnel
Título en inglés:	Atomic-scale investigation of an altermagnetic material by means of Scanning Tunneling Microscopy
Tutor/es:	Manuela Garnica, Federico Serrano, Norbert M. Nemes
Correos-e:	manuela.garnica@imdea.org, fserrano@icmm.csic.es, nmnemes@fis.ucm.es
Lugar de realización:	IMDEA Nanociencia y Facultad de Físicas, UCM

Resumen:

Tradicionalmente, las fases magnéticas se han clasificado como ferromagnéticas o antiferromagnéticas. En los ferromagnetos, la polarización de espín de la estructura de bandas da lugar a una magnetización neta y a respuestas que rompen la simetría de inversión temporal (TRS); en los antiferromagnetos, la alineación antiparalela de los espines produce una magnetización neta nula. Recientemente se ha identificado una nueva clase de materiales que combina ambos comportamientos: presentan una fuerte ruptura de TRS y fenómenos de polarización de espín propios de los ferromagnetos, pero con un orden magnético cristalino antiparalelo y magnetización neta nula, característico de los antiferromagnetos. Esta fase emergente se conoce como altermagnetismo, y uno de sus candidatos más prometedores es el MnTe. Este TFM estudiará, mediante microscopía y espectroscopía de efecto túnel (STM/STS) a escala atómica, cristales de MnTe prístinos y dopados con elementos magnéticos. En una primera etapa se identificarán los defectos nativos de la superficie y se localizarán las posiciones de los átomos magnéticos incorporados; a continuación, esos defectos e impurezas se emplearán como centros de dispersión para construir mapas de interferencia de cuasipartículas (QPI) a partir de los cuales extraer información sobre la estructura de bandas del material y su relación con el orden magnético.

Nota importante: este TFM se ofrece en conjunto con unas Prácticas en Empresa.

Metodología:

El trabajo combinará: i) exfoliación *in situ* (en ultra-alto vacío) de los cristales de MnTe, tanto prístinos como dopados con elementos magnéticos, y su caracterización estructural; ii) adquisición de imágenes topográficas de STM con resolución atómica para identificar los defectos nativos y localizar las posiciones de los átomos magnéticos dopantes, junto con espectroscopía túnel (STS) y, cuando proceda, STM con puntas polarizadas en espín (SP-STM) para resolver el orden magnético local; y iii) medida de mapas de dI/dV (QPI) en torno a esos defectos e impurezas a distintas energías. El análisis de las transformadas rápidas de Fourier (FFT) de dichos mapas proporcionará información cuantitativa sobre la estructura de bandas, los canales de dispersión y la superficie de Fermi, que se comparará con cálculos DFT y se correlacionará con las propiedades magnéticas del material.

Conocimientos previos recomendados:

Grado en Física, Química o relacionado con ciencia de materiales; preferibles conocimientos de física del estado sólido o física de la materia condensada.

Bibliografía:

1. M. G. Cuxart et al., "Emergent magnetic structures at the 2D limit of the altermagnet MnTe", *Advanced Functional Materials* 36 (11), e16924 (2026).
2. P. Casado Aguilar et al., "Atomic-scale study of type-II Dirac semimetal PtTe₂ surface", *Journal of Physics: Materials* 5 (4), 044003 (2022).
3. L. Šmejkal et al., "Emerging Research Landscape of Altermagnetism" *Phys. Rev. X* 12, 040501 (2022)