



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Ficha de Trabajo Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
<b>Título:</b>	Búsqueda de materia oscura	
<b>Title:</b>	Dark matter searches	
<b>Tutor/es:</b>	Daniel Nieto Castaño	
<b>E-mail tutor/es:</b>	d.nieto@ucm.es	
<b>Número de plazas</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/>	Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

#### Objetivos:

La materia oscura constituye uno de los componentes esenciales del modelo cosmológico que mejor describe nuestro Universo. Desde hace más de 80 años, diversas observaciones han acumulado pruebas de que la mayor parte de la masa del Universo no interactúa con la radiación electromagnética, a diferencia de la materia ordinaria. No obstante, la composición de esta materia oscura sigue siendo un misterio. Por ello, determinar su naturaleza se ha convertido en uno de los retos más urgentes de la Física moderna y en un área de investigación especialmente activa.

La/el estudiante que escoja este trabajo podrá adquirir una visión general del paradigma de la materia oscura, o bien profundizar en algunas de las técnicas específicas empleadas en su búsqueda, en las que participa activamente el Grupo de Física de Altas Energías de la UCM.

#### Metodología:

El/la estudiante elegirá, entre las distintas opciones propuestas, aquella que despierte mayor interés personal, definiendo así el enfoque y los objetivos específicos del trabajo, es decir, los aspectos concretos en los que se centrará. Las actividades formativas incluirán tutorías personalizadas, asistencia a seminarios especializados, análisis o simulación de datos relevantes para el tema escogido, entre otras.

La bibliografía será una herramienta esencial para el desarrollo del trabajo. Además de la bibliografía general que se proporciona, será necesario identificar y consultar artículos científicos que, adecuados al nivel de conocimientos previos del estudiante, reflejen los avances más recientes en el campo de estudio.

Como parte final del proceso, el/la estudiante deberá redactar una memoria del trabajo realizado siguiendo los estándares y el estilo de la literatura científica.

Finalmente, presentará públicamente los resultados, empleando el formato habitual de las presentaciones orales en el ámbito académico.

### **Bibliografía:**

Lecturas recomendadas sobre materia oscura:

- Bertone, G. y Tait, T. A New Era in the Quest for Dark Matter. Este artículo ofrece una visión general actualizada sobre los avances y desafíos en la búsqueda de materia oscura.

<https://arxiv.org/abs/1810.01668>

- Slatyer, T. Les Houches Lectures on Indirect Detection of Dark Matter. Una excelente introducción al enfoque de detección indirecta de materia oscura, basada en una serie de conferencias.

<https://arxiv.org/abs/2109.02696>

- Bergström, L. Dark Matter Evidence, Particle Physics Candidates and Detection Methods. Revisión completa de las evidencias observacionales, candidatos teóricos y estrategias de detección.

<http://arxiv.org/abs/1205.4882>

Recursos en línea:

- Fermi Gamma-ray Space Telescope – Dark Matter Overview: Página divulgativa de la NASA sobre cómo el telescopio Fermi contribuye a la búsqueda de materia oscura.

<https://fermi.gsfc.nasa.gov/science/eteu/dm/>

- CTA Observatory – The Dark Side of the Matter: Información sobre los objetivos científicos relacionados con materia oscura del Observatorio CTA.

<https://www.cta-observatory.org/the-dark-side-of-the-matter/>



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Ficha de Trabajo Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
<b>Título:</b>	Física y Medicina
<b>Title:</b>	Physics and Medicine
<b>Tutor/es:</b>	María Amparo Izquierdo Gil
<b>E-mail tutor/es:</b>	amparo@ucm.es
<b>Número de plazas</b>	2
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

#### Objetivos:

Explorar, conocer y comprender los fundamentos físicos en los que se basan algunas de las técnicas empleadas en el diagnóstico o el tratamiento médico.

#### Metodología:

- El alumno adquirirá a través de la bibliografía fundamental seleccionada los conocimientos necesarios para desarrollar el trabajo.
- El alumno puede optar por abordar en su trabajo el estudio en profundidad de alguna técnica física concreta empleada en el diagnóstico médico o algunas de ellas interrelacionadas entre sí, o inclusive un análisis de la evolución histórica de estas técnicas empleadas en el diagnóstico médico. También podría centrarse en el estudio de los campos magnéticos y eléctricos en el cuerpo humano, así como en las técnicas de diagnóstico médico asociadas a dichos campos.
- Este trabajo está recomendado para estudiantes de cualquiera de las orientaciones del Grado en Física.

#### Bibliografía:

- Ballester, F. y Udías, J.M. (2008), Física Nuclear y Medicina, Real Sociedad Española de Física.
- Cameron, J.; Skofronick, J. G.; Roderick, M.G. (1999), Physics of the Body (Second edition), Medical Physics Publishing.
- Cember, H. (1996); Introduction to Health Physics, 3ª ed., McGraw-Hill.
- Cromer, A.H. (2009), Física para las ciencias de la vida, 2ª ed., Editorial Reverté.
- Hobbie, R.K. (2007), Intermediate Physics for Medicine and Biology, 4th edition, Springer Science



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Ficha de Trabajo Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
<b>Título:</b>	Desarrollo del código LegPy para la simulación de la interacción de rayos gamma y electrones con la materia
<b>Title:</b>	Development of the LegPy code for the simulation of the interaction of gamma rays and electrons with matter
<b>Tutor/es:</b>	Víctor Moya, Jaime Rosado
<b>E-mail tutor/es:</b>	victmoya@ucm.es, jrosadov@ucm.es
<b>Número de plazas</b>	2
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

#### Objetivos:

Estudio de casos de uso e implementación de nuevas funcionalidades en el código de Monte Carlo (MC) LegPy desarrollado en Python para la simulación del paso de rayos gamma y electrones ( $E \sim \text{MeV}$ ) en cualquier medio material. Algunas de las posibilidades del trabajo son:

- Elaboración de ejemplos de uso de la simulación en Radiofísica.
- Optimización computacional de alguno de los procesos físicos implementados.
- Implementación de incertidumbres en histogramas de resultados.
- Implementación de nuevas geometrías de varios medios interesantes en Radiofísica.

#### Metodología:

El estudiante se familiarizará con los procesos físicos de interacción radiación-materia y las simplificaciones razonables empleadas en el código LegPy. Podrá implementar nuevas funcionalidades o mejorar las existentes y evaluarlas mediante la comparación con datos experimentales disponibles o con otros códigos de MC de referencia, como PENELOPE. El desarrollo del código se realizará en lenguaje Python en el paradigma de programación orientada a objetos. Las simulaciones se ejecutarán desde cuadernos Jupyter.

#### Bibliografía:

V. Moya, J. Rosado, F. Arqueros, An easy tool for the Monte Carlo simulation of the passage of photons and electrons through matter, Radiation Measurements, 169 (2023) 107029.

LegPy en código abierto: <https://github.com/JaimeRosado/LegPy>

<https://docs.python.org/3/tutorial/>

<https://numpy.org/>

<https://plotly.com/python/>



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Ficha de Trabajo Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
<b>Título:</b>	Física de Astropartículas
<b>Title:</b>	Astroparticle Physics
<b>Tutor/es:</b>	Juan Abel Barrio Uña
<b>E-mail tutor/es:</b>	jabarrio@ucm.es
<b>Número de plazas</b>	3
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

#### Objetivos:

La Física de Astropartículas tiene como objetivo por un lado entender la estructura y evolución del Universo a partir de la información que nos proporciona la Física de Partículas Elementales. Por otro lado pretende aprovechar observaciones de tipo Astrofísico para obtener información sobre Física Fundamental. Ello se debe a que en el Universo se dan los fenómenos más violentos y energéticos que conocemos y que involucran interacciones de partículas a energías muy superiores a las que se pueden conseguir con aceleradores. Actualmente esta rama de la Ciencia incluye los campos tan diversos como la Astronomía de Rayos gamma, la Física de Rayos Cósmicos, las Ondas Gravitacionales, la Materia Oscura, etc.

El alumno que elija este trabajo tendrá la oportunidad de profundizar en algunos de estos campos:

- **Materia Oscura:** Evidencias observacionales indican que la mayor parte de la masa de Universo no emite radiación a diferencia de lo que ocurre con la materia cósmica conocida. La búsqueda directa o indirecta de materia oscura y la identificación de su naturaleza es hoy día uno de los campos de investigación más activos en la Física de Astropartículas.
- **Astronomía de Rayos Gamma:** La astronomía de rayos gamma nos permite identificar y estudiar con detalle los aceleradores cósmicos en donde se producen procesos de alta energía aún no entendidos que dan lugar a la emisión de la radiación cósmica. También nos permite estudiar el medio intergaláctico que atraviesan los rayos gamma desde sus fuentes de emisión hasta la tierra
- **Instrumentación terrestre para Física de Astropartículas:** Para poder llevar a cabo los experimentos de Física de Astropartículas está siendo necesario desarrollar instrumentación avanzada para las más altas energías se utilizan detectores localizados en la Tierra, como son los telescopios de radiación atmosférica

(Cherenkov y fluorescencia) los detectores gigantes de partículas cargadas (instalados en suelo), de neutrinos (en el fondo del océano o enterrados en el hielo) y de ondas gravitacionales en tierra.— Instrumentación Espacial para Física de Astropartículas: Los detectores a bordo de satélites son útiles para detectar partículas de energías entre MeVs y cientos de GeV. En este rango son capaces de identificar partículas muy eficientemente y realizar medidas muy precisas. Destacamos Fermi, AMS o Integral. Existen también propuestas para futuros instrumentos dedicados que se salen de este esquema, como los detectores espaciales de ondas gravitacionales, rayos cósmicos o rayos gamma

**Metodología:**

El alumno elegirá para su trabajo, de entre las distintas posibilidades mencionadas, aquella en la que esté más interesado, definiendo el alcance y la orientación. Una herramienta fundamental para la realización del TFG es la bibliografía. Aparte de la general listada más abajo, será necesario buscar y consultar artículos que describan de manera adecuada al nivel de conocimientos previos del alumno, los últimos avances en el campo objeto de estudio. Para todo ello el alumno contará con el asesoramiento de profesores especialistas en este campo.

**Bibliografía:**

- High energy astrophysics. M.S. Longair. 3ª edición. Cambridge University Press, 2011
- TeV Astronomy. Frank M. Rieger, Emma de Ona-Wilhelmi, Felix A. Aharonian. ArXiv:1302.5603
- Particle Astrophysics, D. Perkins, 2ª edición. Oxford University Press (Biblioteca UCM online):  
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadcomplutense-ebooks/detail.action?docID=431188>
- <http://www.ucm.es/gae>



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Ficha de Trabajo Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
<b>Título:</b>	Interacciones electrodébiles, física de neutrinos y materia oscura
<b>Title:</b>	Electroweak interactions, neutrino physics and dark matter
<b>Tutor/es:</b>	Óscar Moreno Díaz
<b>E-mail tutor/es:</b>	osmoreno@ucm.es
<b>Número de plazas</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

#### Objetivos:

Dependiendo de los intereses del estudiante, algunos de los posibles objetivos del trabajo en cuanto a la temática son:

- Introducción a la interacción electrodébil y a los fenómenos asociados: desintegraciones beta simple y doble, dispersión de leptones por núcleos y factores electromagnéticos nucleares, observables de violación de paridad, etc.
- Introducción a la física de neutrinos: matriz de mezcla, oscilaciones en vacío, conversión adiabática en materia, neutrinos estériles, modelos de interacción con núcleos.
- Introducción a las evidencias de materia oscura y estudio de posibles candidatos que presenten interacciones de tipo débil.

Los objetivos procedimentales básicos son:

- Búsqueda y consulta de referencias especializadas.
- Realización de cálculos analíticos o numéricos para reproducir algunos de los resultados conocidos o para predecir otros casos.
- Elaboración de una memoria escrita del trabajo realizado, con la estructura y estilo requeridos en un documento científico: estilo de redacción, formato de expresiones matemáticas, representación gráfica de resultados, citas bibliográficas, etc.
- Preparación de la presentación oral del tema tanto en sus aspectos técnicos como con carácter divulgativo.

#### Metodología:

En primer lugar, el estudiante se familiarizará con la teoría de la interacción electrodébil general a partir de libros de texto de física de partículas y de física nuclear. A continuación, elegirá algún fenómeno concreto relacionado con esa

interacción de los que se citan en el apartado anterior, y profundizará en él a través de libros especializados y artículos científicos.

Dependiendo de la orientación elegida por el estudiante, se podrán realizar cálculos analíticos o numéricos, analizarlos y representarlos gráficamente.

Finalmente, se elaborará una memoria escrita y una presentación oral que constarán de un resumen, una introducción teórica concisa redactada según la comprensión del tema alcanzada por el estudiante, una explicación de los cálculos o análisis realizados, las principales conclusiones y una lista de las referencias consultadas.

### **Bibliografía:**

Libros de texto generales sobre estructuras de la materia y física nuclear y de partículas:

- O. Moreno, Fundamentos cuánticos de la estructura de la materia, Ediciones Complutense, 2025.
- W. S. C. Williams, Nuclear and Particle Physics, Oxford University Press, 1991.
- K. Krane, Introductory Nuclear Physics, Wiley, 1988.
- T. W. Donnelly, J. A. Formaggio, B. R. Holstein, R. G. Milner, B. Surrow, Foundations of Nuclear and Particle Physics, Cambridge University Press, 2017.

Libros de texto específicos sobre física de partículas:

- C. Burgess, G. Moore: The Standard Model: A Primer, Cambridge University Press, 2007.
- W. N. Cottingham, D. A. Greenwood, An Introduction to the Standard Model of Particle Physics (2nd ed.), Cambridge University Press, 2007.
- D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles (2nd ed.), Wiley-VCH, 2008.
- F. Halzen, A. D. Martin, Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics, John Wiley & Sons, 1984.

Libros de texto avanzados sobre interacción electrodébil y física de neutrinos:

- F. Boehm, P. Vogel, Physics of Massive Neutrinos (2nd ed.), Cambridge University Press, 1992.
- C. Giunti, C. W. Kim, Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics, Oxford University Press, 2007.
- K. Grotz, H. V. Klapdor, The Weak Interaction in Nuclear, Particle and Astrophysics, Adam Hilger IOP Publishing, Cambridge University Press, 1990.
- B. Kayser, F. Gibrat-Debu, F. Perrier, The Physics of Massive Neutrinos, World Scientific, 1989.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



### Ficha de Trabajo Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
<b>Título:</b>	Estudios observacionales de agujeros negros supermasivos
<b>Title:</b>	Observational studies of supermassive black holes
<b>Tutor/es:</b>	Alberto Domínguez
<b>E-mail tutor/es:</b>	alberto.d@ucm.es
<b>Número de plazas</b>	2
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

#### Objetivos:

Los núcleos activos de galaxias (AGN) albergan agujeros negros supermasivos que impulsan algunos de los procesos más violentos del Universo. El estudio observacional de estos sistemas a través de todo el espectro electromagnético es fundamental para comprender la física de los chorros relativistas y la evolución de sus galaxias anfitrionas.

El objetivo de este trabajo es introducir al estudiante en la astrofísica observacional de AGN, especialmente en rayos gamma, permitiéndole profundizar en una de las siguientes áreas según su interés:

- (1) Periodicidad y Sistemas Binarios: Búsqueda y caracterización de oscilaciones cuasiperiódicas (QPOs) y tendencias a largo plazo para identificar candidatos a sistemas binarios de agujeros negros.
- (2) Física del Chorro y Variabilidad Espectral: Estudio de eventos de endurecimiento espectral y su conexión con la geometría del chorro para distinguir entre procesos intrínsecos y efectos de proyección.
- (3) Blazares Extremos: Caracterización de los AGN más extremos y el impacto de la luz de fondo extragaláctica (EBL) en su observación e interpretación astrofísica.

#### Metodología:

El alumno adquirirá los conocimientos necesarios a través de la bibliografía seleccionada y definirá el alcance específico de su trabajo. La metodología incluye:

(1) Uso de Datos de Archivo: Manejo de datos públicos de grandes misiones espaciales como Fermi-LAT (rayos gamma) y Swift (rayos X y UV).

(2) Técnicas de Análisis: Implementación de herramientas en Python para el tratamiento de series temporales (búsqueda de periodicidad) o para el ajuste de distribuciones espectrales de energía (SED).

(3) Interpretación Física: Aplicación de modelos de emisión no térmica para explicar la fenomenología observada en los entornos de los agujeros negros.

(4) Documentación Científica: Elaboración de una memoria siguiendo los estándares de publicación en revistas de astrofísica.

#### **Bibliografía:**

Madero, E., & Domínguez, A. (2026). Coexistence of chromatic flares and an achromatic quasi-periodic oscillation in the gamma-ray blazar PG 1553+113. *Astronomy & Astrophysics*, 707, L18.

Dinesh, A., Domínguez, A., Paliya, V., et al. (2025). A systematic search for spectral hardening in blazar flares with the Fermi-Large Area Telescope. *Astronomy & Astrophysics*, 703, A162.

Láinez, M., Nievas-Rosillo, M., Domínguez, A., et al. (2025). Exploring the most extreme gamma-ray blazars using broadband spectral energy distributions. *Astronomy & Astrophysics*, 700, A229.

Peñil, P., Domínguez, A., Buson, S., et al. (2025). Extensive analysis of  $\gamma$ -ray periodicity in jetted AGNs from the 4FGL catalogue using Fermi-LAT observations. *MNRAS*, 543, 2880.

Rico, A., Domínguez, A., Peñil, P., et al. (2025). Singular spectrum analysis of Fermi-LAT blazar light curves: A systematic search for periodicity and trends in the time domain. *Astronomy & Astrophysics*, 697, A35.

Peñil, P., Domínguez, A., Buson, S., et al. (2025). Systematic Search for Long-term Trends in Fermi-LAT Jetted Active Galactic Nuclei. *The Astrophysical Journal*, 980, 38.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Ficha de Trabajo Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
<b>Título:</b>	Física de los Ecosistemas	
<b>Title:</b>	Ecosystems Physics	
<b>Tutor/es:</b>	Francisco J. Cao García	
<b>E-mail tutor/es:</b>	franco@ucm.es	
<b>Número de plazas</b>	1	
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/>	Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

#### Objetivos:

- Comprender las bases de la dinámica de los ecosistemas. Procesos de nacimiento, muerte, difusión; influencia de las fluctuaciones ambientales aleatorias; evaluación de riesgos de extinción.
- Adquirir los conocimientos previos necesarios para trabajar en el activo e innovador campo del estudio de los ecosistemas de una perspectiva multiespecie y en sistemas espacialmente extendidos.

#### Metodología:

- La bibliografía fundamental proporciona los conocimientos necesarios para el trabajo.
  - El alumno puede optar por abordar en su trabajo el estudio varios tipos de problemas (competición, depredador-presa, riesgo de extinción, efectos de la fragmentación del hábitat, efectos de las fluctuaciones ambientales aleatorias, ...)
- Este trabajo incluye interacción con el Grupo de Dinámica fuera del Equilibrio. Recomendado Orientación de Física Fundamental. Se recomiendan conocimientos de programación (R, Python, Matlab).

#### Bibliografía:

- Gotelli NJ, A primer of Ecology, Sinauer 2008
  - Lande R, Engen S, Saether BE, Stochastic Population Dynamics in Ecology and Conservation, Oxford 2003
- Complementaria:
- May R, Mclean AR (Eds.), Theoretical Ecology: Principles and Applications 3rd Edition, Oxford 2007, by Robert May (Editor), Angela R. Mclean (Editor)



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Ficha de Trabajo Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
<b>Título:</b>	Púlsares de rayos gamma
<b>Title:</b>	Gamma-ray pulsars
<b>Tutor/es:</b>	Marcos López Moya
<b>E-mail tutor/es:</b>	marcolop@ucm.es
<b>Número de plazas</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

#### Objetivos:

Los púlsares constituyen algunos de los entornos astrofísicos más extremos y fascinantes del Universo. Se trata de estrellas de neutrones caracterizadas por la combinación de intensos campos gravitatorios y magnéticos, junto con elevadas velocidades de rotación. Este conjunto de condiciones permite la aceleración de partículas hasta energías ultra-relativistas, dando lugar a la emisión de radiación de muy alta energía, incluyendo rayos gamma.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es que el estudiante adquiera una comprensión general del funcionamiento de los púlsares, así como de los principales mecanismos de aceleración de partículas en entornos astrofísicos extremos.

Asimismo, se pretende que el alumno se familiarice con los fundamentos de las técnicas de detección de rayos gamma, tanto con telescopios espaciales como terrestres, desde un punto de vista teórico.

#### Metodología:

El estudiante analizará literatura especializada sobre púlsares de rayos gamma, abordando los modelos físicos que describen su emisión, los mecanismos de aceleración de partículas y el papel de los campos magnéticos intensos. Se prestará especial atención a la evolución histórica del campo y a los desarrollos más recientes. Además de la bibliografía básica, será necesario consultar artículos científicos actuales para describir el estado del arte y las principales líneas de investigación abiertas en el estudio de los púlsares de rayos gamma.

#### Bibliografía:

- Grenier, I. A., & Harding, A. K. (2015). Gamma-ray pulsars: A gold mine. *Comptes Rendus Physique*, 16(6–7), 641–660. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2015.08.013>
- Abdollahi, S., et al. (Fermi-LAT Collaboration). (2020). Fermi Large Area Telescope fourth source catalog. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 247(1), 33. <https://doi.org/10.3847/1538-4365/ab6bcb>
- Abdo, A. A., et al. (Fermi-LAT Collaboration). (2013). The second Fermi Large Area Telescope catalog of gamma-ray pulsars. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 208(2), 17. <https://doi.org/10.1088/0067-0049/208/2/17>
- De Angelis, A., & Pimenta, M. (2018). *Introduction to Particle and Astroparticle Physics*. Springer.
- Grupen, C. (2020). *Astroparticle Physics* (2nd ed.). Springer.
- Cherenkov Telescope Array Consortium. (2019–2024). Publications and technical reports. <https://www.cta-observatory.org/>



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

## GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### Ficha de Trabajo Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica
<b>Título:</b>	Astrofísica de Altas Energías
<b>Title:</b>	High-Energy Astrophysics
<b>Tutor/es:</b>	Daniel Nieto Castaño
<b>E-mail tutor/es:</b>	dnie01@ucm.es
<b>Número de plazas</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

#### Objetivos:

La astrofísica de altas energías constituye una ventana privilegiada para el estudio de los fenómenos más extremos y violentos del Universo, tales como los estallidos de supernova, los púlsares y los núcleos activos de galaxias, entre otros. Esta disciplina destaca por ser un punto de unión fundamental entre las grandes áreas de la física moderna y la investigación de frontera. Por un lado, mantiene una estrecha conexión con la física de partículas a través de la astronomía multimensajero, integrando el estudio de rayos cósmicos y neutrinos. Por otro, se vincula íntimamente con la relatividad general, permitiendo complementar el estudio de ondas gravitacionales y la comprobación de la invarianza de Lorentz; y con la cosmología, aportando herramientas clave para la búsqueda de materia oscura y el análisis de la luz de fondo extragaláctica.

El o la estudiante que escoja este Trabajo de Fin de Grado podrá adquirir una visión panorámica y actualizada de la astrofísica de altas energías. Asimismo, tendrá la flexibilidad de optar por profundizar en alguna de las áreas de estudio específicas o en los objetos astrofísicos característicos del campo, alineando su trabajo con las líneas de investigación en las que participa activamente el Grupo de Altas Energías de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

#### Metodología:

El o la estudiante elegirá, entre las distintas opciones propuestas, aquella que despierte mayor interés personal, definiendo así el enfoque y los objetivos específicos del trabajo, es decir, los aspectos concretos en los que se centrará. Las actividades formativas incluirán tutorías personalizadas, asistencia a seminarios especializados, análisis o simulación de datos relevantes para el tema escogido, entre otras.

La bibliografía será una herramienta esencial para el desarrollo del trabajo. Además de la bibliografía general que se proporciona, será necesario identificar y consultar artículos científicos que, adecuados al nivel de conocimientos previos del estudiante, reflejen los avances más recientes en el campo de estudio.

Como parte final del proceso, el o la estudiante deberá redactar una memoria del trabajo realizado siguiendo los estándares y el estilo de la literatura científica.

Finalmente, presentará públicamente los resultados, empleando el formato habitual de las presentaciones orales en el ámbito académico.

**Bibliografía:**

Bibliografía introductoria:

- De Angelis, A., & Pimenta, M. (2018). Introduction to Particle and Astroparticle Physics: Multimessenger Astronomy and its Particle Physics Foundations (2ª ed.). Springer.
- Longair, M. S. (2011). High Energy Astrophysics (3ª ed.). Cambridge University Press.
- Perkins, D. H. (2009). Particle Astrophysics (2ª ed.). Oxford University Press.

Recursos en línea:

- Fermi Gamma-ray Space Telescope – <https://fermi.gsfc.nasa.gov>
- CTA Observatory – <https://www.ctao.org>