



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Evaluación de sistemas basados en hardware y software de código abierto, para su uso en espectroscopía atómica y molecular.	
Title:	Evaluation of systems based on open source hardware and software, for use in atomic and molecular spectroscopy.	
Supervisor/es:	Francisco Blanco Ramos	
E-mail supervisor/es	pacobr@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

El estudiante colaborará en evaluar las posibilidades de sistemas espectrométricos basados en monocromadores y cámaras CCD en el laboratorio de prácticas de la asignatura Física Atómica y Molecular. Se trata de equipos controlados por software desarrollado en lenguaje python y microcontroladores arduino.

Se estudiará la optimización del control y toma de datos, a la vez que se caracterizarán las prestaciones (eficiencia óptica, resolución, presencia de segundos órdenes, limitación señal-ruido o efectos de deriva).

Metodología:

El estudiante recibirá formación en programación del software y hardware utilizado, así como en la instrumentación habitual en el laboratorio de alumnos de Física Atómica y Molecular. Es altamente recomendable que el estudiante tenga conocimientos básicos en programación.

Bibliografía:

Building Scientific Apparatus, J.H. Moore, C.C. Davis, M.A. Coplan, 4th Edition, 2009

Anne P. Thorne Spectrophysics (Chapman and Hall)

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

Arduino Programming Notebook, Brian W. Evans



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Buscando agujeros negros binarios supermasivos	
Title:	Searching for binary supermassive black holes	
Supervisor/es:	Alberto Dominguez	
E-mail supervisor/es	alberto.d@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Familiarizarse con conceptos básicos de astronomía óptica y gamma.
- Aprender sobre las técnicas más utilizadas de búsqueda de periodicidades en series temporales obtenidas de galaxias.
- Recopilar la información publicada sobre galaxias con emisiones periódicas en la bibliografía.
- Recopilar posibles hipótesis sobre la periodicidad en galaxias. Entre ellas está la existencia de agujeros negros binarios supermasivos.

Metodología:

Se proporcionará la bibliografía necesaria para empezar el trabajo al estudiante, y se espera que se desarrolle además un trabajo de extensión y ampliación bibliográfica. Habrá reuniones con el estudiante según las necesidades del trabajo. No se requieren conocimientos previos de Python pero puede ayudar en caso de que el estudiante quiera desarrollar una búsqueda propia de periodicidades en series temporales con datos reales del telescopio espacial Fermi de NASA.

Bibliografía:

- Peñil, Domínguez, et al., 2020, The Astrophysical Journal, Volume 896, Issue 2, id.134, 11 pp.
- Peñil, et al. 2022, eprint arXiv:2211.01894



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Ocultaciones de estrellas por asteroides	
Title:	Star occultations by asteroids	
Supervisor/es:	María Laínez Lezaun, José Luis Contreras González	
E-mail supervisor/es	malainez@ucm.es , jlcontreras@fis.ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- 1-Conocer de forma general los cuerpos del sistema solar y la técnica de la observación de ocultaciones.
- 2- Aprender a predecir ocultaciones y analizar sus datos para obtener información sobre cuerpos menores del sistema solar y estrellas.

Metodología:

Se conocen más de un millón de asteroides. Cuando uno de ellos pasa entre una estrella y nosotros la oculta por un corto periodo de tiempo. La medida precisa de esta ocultación permite conocer datos sobre la forma y órbita del asteroide y en casos sobre el diámetro de la estrella.

Usaremos la documentación y programas disponibles de forma abierta para predecir los momentos adecuados para observar estos fenómenos, propondremos observaciones de ocultaciones y analizaremos sus datos.

Bibliografía:

Center for Astrophysics, Harvard Smithsonian (2022). <https://minorplanetcenter.net>.
A R Gomes-Júnior y col. "SORA: Stellar Occultation Reduction and Analysis". En: MNRAS (ene. de 2022). issn: 1365-2966. <https://arxiv.org/abs/2201.01799>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Aplicación de técnicas de aprendizaje automático en Física de Astropartículas.	
Title:	Application of machine learning techniques to Particle Astrophysics.	
Supervisor/es:	José Luis Contreras González Daniel Nieto Castaño	
E-mail supervisor/es	jcontreras@fis.ucm.es , d.nieto@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- 1 - Entender las bases de las principales técnicas de aprendizaje automático (AA) y Aprendizaje profundo
- 2- Aprender a utilizar algoritmos de aprendizaje automático sobre conjuntos de datos experimentales
- 3- Aplicar algunos de los algoritmos aprendidos a datos relacionados con telescopios Cherenkov

Metodología:

Se proporcionará bibliografía actualizada sobre aprendizaje automático (AA) y aplicaciones concretas en Astrofísica de partículas. Utilizaremos luego librerías conocidas y de acceso libre como *Scikit-Learn* para practicar el uso de los algoritmos de AA.

También consideramos la posibilidad de usar redes neuronales con algoritmos desarrollados por el grupo de investigación.

Finalmente seleccionaremos conjuntos de datos sobre los que probar algunos de estos algoritmos e intentar entender sus ventajas y limitaciones.

El estudiante tendrá reuniones frecuentes con los tutores y personas de sus grupos de trabajo. Son recomendables conocimientos previos de programación, especialmente Python.

Bibliografía:

<https://scikit-learn.org>

<https://github.com/ctlearn-project/ctlearn>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Física de Astropartículas	
Title:	Astroparticle Physics	
Supervisor/es:	Juan Abel Barrio Uña	
E-mail supervisor/es	barrio@gae.ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección 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 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 del 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), y así caracterizar la Invariancia Lorentz a escalas cosmológicas, la Luz de Fondo Extragaláctico (EBL), etc.
- *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 (LISA), rayos cósmicos (JEM-EUSO) o rayos gamma (HERD, AMEGO).

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.

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>
- *Very High Energy Cosmic Gamma Radiation*, F. Aharonian., World Scientific (2004). (Biblioteca UCM online):
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadcomplutense-ebooks/detail.action?docID=227152>
- <http://www.gae.ucm.es>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Faros cósmicos de rayos gamma	
Title:	Gamma-ray cosmic lighthouses	
Supervisor/es:	Marcos López Moya	
E-mail supervisor/es	marcolop@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Los púlsares se encuentran entre los entornos astrofísicos más fascinantes, en los que la aceleración de partículas hasta energías ultra-relativistas puede llegar a originar la emisión de potentes chorros de rayos gamma.

Los púlsares son estrellas de neutrones, en las que se combinan intensos campos gravitatorios y magnéticos (billones de veces más intensos que los del Sol), junto con altísimas velocidades de rotación (estas estrellas pueden llegar a rotar hasta cientos de veces por segundo). El efecto combinado da lugar a la emisión de radiación electromagnética a intervalos regulares, la cual puede llegar a ser de altísima energía. Cuando el haz de radiación pasa por delante de nuestra línea de visión, se detectan rápidos pulsos de luz, como si de un faro cósmico se tratase.

Recientemente se ha descubierto la emisión de rayos gamma de muy alta energía procedente de tres púlsares, hecho que desafía los modelos teóricos actuales.

Junto con la radiación emitida, las partículas aceleradas en los púlsares también podrían llegar hasta nosotros. Esto podría explicar parte del exceso de antimateria (positrones) que ha sido detectado en torno a la Tierra.

El alumno que elija este trabajo tendrá la oportunidad de adquirir una comprensión general sobre el funcionamiento de los púlsares, y de los mecanismos de aceleración de partículas hasta energías ultra-relativistas en entornos astrofísicos. Asimismo, se familiarizará con las técnicas de detección de rayos gamma con telescopios espaciales

y terrestres de última generación, tales como el telescopio espacial Fermi-LAT y los telescopios terrestres MAGIC y CTA.

Metodología:

Aunque el trabajo incluye una importante parte bibliográfica, el alumno también podrá iniciarse en el análisis de datos de telescopios de rayos gamma. Para la parte práctica se aprenderá a manejar herramientas de análisis de datos astrofísicos, utilizándose Python y Linux. Eventualmente, se podrán realizar simulaciones de la emisión de rayos gamma en entornos astrofísicos. Para todo ello, además de la bibliografía general listada más abajo, será necesario buscar y consultar artículos que describan los últimos avances en el campo objeto de estudio.

Bibliografía:

Webs

- <https://fermi.gsfc.nasa.gov>
- <https://magic.mpp.mpg.de>
- <https://observatorio-cta.es/>

Artículos

- [Gamma-ray pulsars: A gold mine](#)
- [Gamma-Ray Pulsars: Models and Predictions](#)
- [Gamma-ray pulsars with Fermi](#)
- [Detection of the Geminga pulsar with MAGIC](#)

Libros

- Introduction to Particle and Astroparticle Physics. A. de Angelis & M. Pimenta. Ed. Springer (2018)
- High energy cosmic rays. T. Stanev, Springer (2010)
- Particle Astrophysics. D. Perkins, Oxford University Press (2009)
- Very High Energy Cosmic Gamma Radiation Universe. F. A. Aharonian. World Scientific (2004)
- High-energy astrophysics. Vol. 1 y 2. M.S. Longair, Cambridge University Press (1992)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2023-24

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Introducción al análisis de datos de telescopios de rayos gamma	
Title:	Introduction to the data analysis of gamma-ray telescopes	
Supervisor/es:	Marcos López Moya, Álvaro Mas Aguilar	
E-mail supervisor/es	marcolop@ucm.es , alvmas@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

La astronomía de rayos gamma tiene como objetivo estudiar la radiación más energética del Universo. Esta radiación está producida en entornos en los que las partículas son aceleradas a velocidades ultrarrelativistas. Es por ello por lo que esta radiación está asociada a fenómenos astrofísicos violentos como los que tienen lugar en los entornos de los núcleos galácticos activos (AGNs), supernovas, sistemas binarios o púlsares, entre otros.

La opacidad de la atmósfera terrestre a esta radiación de alta energía hace necesario el uso de telescopios espaciales. Un ejemplo de estos telescopios es Fermi-LAT, lanzado en 2008 y aún en funcionamiento. Los telescopios espaciales cuentan con la ventaja de detectar directamente los rayos gamma a través del proceso de creación de pares electrón-positrón. Están a su vez optimizados para operar en el intervalo energético entre los 100 MeV y los 100 GeV.

También existen otro tipo de telescopios terrestres que permiten detectar la radiación gamma de forma indirecta. Los rayos gamma al atravesar la atmósfera terrestre interactúan con las moléculas del aire generando una cascada de partículas secundarias que viajan a velocidades superiores a la luz en el medio. Esto genera un tipo de luz denominada radiación Cherenkov. Los telescopios Cherenkov son capaces de detectar esa luz permitiéndonos inferir las propiedades del rayo gamma que creó la cascada. Este tipo de telescopios permiten observar radiación desde unos 50 GeV hasta centenares de TeV, extendiendo las capacidades de los telescopios espaciales.

CTA (Cherenkov Telescope Array) es un proyecto internacional para la creación de un observatorio de rayos gamma compuesto por decenas de telescopios Cherenkov que

mejorará significativamente la sensibilidad de sus antecesores. La construcción de los primeros telescopios, con participación de la UCM, está en marcha, habiendo entrado en funcionamiento ya el primero de ellos.

Los objetivos del trabajo son, por tanto:

- 1 - Entender las bases del funcionamiento y los objetivos físicos de los telescopios espaciales de rayos gamma y los observatorios Cherenkov.
- 2- Aprender a analizar datos, o bien del primer telescopio de gran tamaño del Observatorio CTA, o bien del telescopio espacial Fermi-LAT.

Metodología:

Aunque el trabajo incluye una importante parte bibliográfica, el alumno también podrá iniciarse en el análisis de datos de telescopios de rayos gamma. Para la parte práctica se aprenderá a manejar herramientas de análisis de datos astrofísicos utilizando Python y Linux. El alumno tendrá la elección sobre si aprender a analizar datos de telescopios espaciales o telescopios terrestres.

Para todo ello, además de la bibliografía general listada más abajo, será necesario buscar y consultar artículos que describan los últimos avances en el campo objeto de estudio.

Bibliografía:

Webs

- <https://fermi.gsfc.nasa.gov>
- <https://magic.mpp.mpg.de>
- <https://observatorio-cta.es/>
- <https://cta-observatory.github.io/ctapipe/>
- [Detection of the Geminga pulsar with MAGIC](#)

Libros

- Introduction to Particle and Astroparticle Physics. A. de Angelis & M. Pimenta. Ed. Springer (2018)
- High energy cosmic rays. T. Stanev, Springer (2010)
- Particle Astrophysics. D. Perkins, Oxford University Press (2009)
- Very High Energy Cosmic Gamma Radiation Universe. F. A. Aharonian. World Scientific (2004)
- High-energy astrophysics. Vol. 1 y 2. M.S. Longair, Cambridge University Press (1992)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Interacciones electrodébiles en núcleos, física de neutrinos y materia oscura	
Title:	Electroweak interactions in nuclei, neutrino physics and dark matter	
Supervisor/es:	Óscar Moreno Díaz	
E-mail supervisor/es	osmoreno@uclm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

- Según 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 nucleares 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 con núcleos.
- Los objetivos procedimentales básicos son:
 - Búsqueda y consulta de referencias científicas 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 (*abstract*), 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:

- W. S. C. Williams, *Nuclear and Particle Physics*, Oxford University Press.
- K. Krane, *Introductory Nuclear Physics*, Wiley.
- T. W. Donnelly, J. A. Formaggio, B. R. Holstein, R. G. Milner, B. Surov, *Foundations of Nuclear and Particle Physics*, Cambridge University Press.
- C. Burgess, G. Moore, *The Standard Model: A primer*, Cambridge University Press.
- D. Griffiths, *Introduction to Elementary Particles*, Wiley.
- F. Halzen, A. D. Martin, *Quarks and Leptons*, Wiley.
- K. Grotz, H. V. Klapdor, *The Weak Interaction in Nuclear, Particle and Astrophysics*, Adam Hilger.
- F. Boehm, P. Vogel, *Physics of Massive Neutrinos*, Cambridge University Press.

● Artículos (en función de la orientación elegida para el trabajo):

- O. Moreno, E. Moya de Guerra, M. Ramón-Medrano, *Adv. High Ener. Phys.* 2016, 6318102 (2016). 'Warm dark matter sterile neutrinos in electron capture and beta decay spectra'.
- H. J. de Vega, O. Moreno, E. Moya de Guerra, M. Ramón-Medrano, N. G. Sánchez, *Nucl. Phys. B* 866, 177 (2013). 'Role of sterile neutrino warm dark matter in rhenium and tritium beta decays'.
- P. Sarriguren, O. Moreno, E. Moya de Guerra, *Adv. High Ener. Phys.* 2016, 6391052 (2016). 'Nuclear structure calculations for two-neutrino double-beta decay'.
- O. Moreno, T. W. Donnelly, *Phys. Rev. C* 92, 055504 (2015). 'Unified approach to electron and neutrino elastic scattering off nuclei with an application to the study of the axial structure'.

- O. Moreno, T. W. Donnelly, Phys. Rev. C 89, 015501 (2014). 'Nuclear structure uncertainties in parity-violating electron scattering from carbon 12'.
- O. Moreno, T. W. Donnelly, R. González-Jiménez, J. A. Caballero, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 42, 034006 (2014). 'Evaluation of theoretical uncertainties in parity-violating electron scattering from nucleons and nuclei'.
- P. Sarriguren, D. Merino, O. Moreno, E. Moya de Guerra, D. N. Kadrev, A. N. Antonov, M. K. Gaidarov. Phys. Rev. C 99, 034325 (2019). 'Elastic magnetic electron scattering from deformed nuclei'.
- B. Hernández, P. Sarriguren, O. Moreno, E. Moya de Guerra, D. N. Kadrev, A. N. Antonov, Phys. Rev. C 103, 014303 (2021). 'Nuclear shape transitions and elastic magnetic electron scattering'.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Interacción de neutrinos mediante corrientes cargadas	
Title:	Charged current neutrino interactions	
Supervisor/es:	Raúl González Jiménez, Tania Franco Muñoz	
E-mail supervisor/es	raugon06@ucm.es , taniafra@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Comprender los conceptos básicos en los procesos de dispersión de leptones por núcleos. Esto es de gran interés en la actualidad porque ayudará a comprender las propiedades de los neutrinos y sus oscilaciones.

En este trabajo nos centraremos en la interacción débil cargada, mediada por el intercambio de un bosón W^+ o W^- .

Metodología:

1. Familiarización con los aspectos más relevantes sobre el proceso de interacción leptón-nucleón teniendo en cuenta la interacción electromagnética y débil.
2. Aprendizaje del manejo de las herramientas necesarias para el trabajo, en particular, desarrollo de programas de cálculo numérico para comparar los resultados teóricos con datos experimentales.
3. Desarrollo del tema de estudio.
4. Redacción, revisión y exposición del trabajo.

Bibliografía:

- + Alvarez-Ruso et al., "NuSTEC White Paper: Status and challenges of neutrino–nucleus scattering"; [Progress in Particle and Nuclear Physics 100 \(2018\) 1–68](#).
- + J. D. Bjorken and S. D. Drell, Relativistic Quantum Mechanics (McGraw-Hill, New York, 1964).
- + Walter Greiner & Joachim Reinhardt, "Quantum Electrodynamics", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Dispersión de neutrinos por núcleos mediante la interacción débil neutra	
Title:	Weak neutral current neutrino-nucleus scattering	
Supervisor/es:	Raúl González Jiménez, Tania Franco Muñoz	
E-mail supervisor/es	raugon06@ucm.es , taniafra@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Comprender los conceptos básicos en los procesos de dispersión de leptones por núcleos. Esto es de gran interés en la actualidad porque ayudará a comprender las propiedades de los neutrinos y sus oscilaciones.

En este trabajo nos centraremos en la interacción débil neutra, mediada por el intercambio de un bosón Z^0 .

Metodología:

1. Familiarización con los aspectos más relevantes sobre el proceso de interacción leptón-nucleón teniendo en cuenta la interacción electromagnética y débil.
2. Aprendizaje del manejo de las herramientas necesarias para el trabajo, en particular, desarrollo de programas de cálculo numérico para comparar los resultados teóricos con datos experimentales.
3. Desarrollo del tema de estudio.
4. Redacción, revisión y exposición del trabajo.

Bibliografía:

+Alvarez-Ruso et al., "NuSTEC White Paper: Status and challenges of neutrino–

nucleus scattering”; [Progress in Particle and Nuclear Physics 100 \(2018\) 1–68.](#)

+J. D. Bjorken and S. D. Drell, Relativistic Quantum Mechanics (McGraw-Hill, New York, 1964).

+T. William Donnelly, Joseph A. Formaggio, Barry R. Holstein, Richard G. Milner, “Foundations of Nuclear and Particle Physics”; Cambridge University Press

+ Walter Greiner & Joachim Reinhardt, “Quantum Electrodynamics”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Búsquedas de materia oscura	
Title:	Dark matter searches	
Supervisor/es:	Daniel Nieto Castaño	
E-mail supervisor/es	d.nieto@ucm.es	
Número de plazas:	2	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

La materia oscura es uno de los ingredientes fundamentales en el modelo que mejor explica nuestro Universo. Desde hace más de 80 años se han ido acumulando evidencias observacionales que indican que la mayor parte de la masa del Universo no emite ni absorbe radiación, a diferencia de lo que ocurre con la materia ordinaria. Sin embargo, todavía se desconoce de qué *está hecha* esa materia oscura. La identificación de la naturaleza de la materia oscura es, por lo tanto, una de las obligaciones más urgentes de la Física y, consecuentemente, uno de los campos de investigación más activos.

La/el alumna/o que elija este trabajo tendrá la oportunidad de adquirir una comprensión general del paradigma de la materia oscura, o centrarse en algunas de las técnicas específicas para su búsqueda, en las que el Grupo de Física de Altas Energías de la UCM está implicado.

Metodología:

El/la alumno/a elegirá para su trabajo, de entre las distintas posibilidades mencionadas, aquella en la que encuentre mayor interés, definiendo el alcance y la orientación, es decir, los aspectos concretos en los que centrará el trabajo. Las actividades formativas pasarán desde las tutorías personalizadas, la asistencia a seminarios específicos, el análisis o la simulación de datos relevantes al caso científico, etc. 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.

Finalmente, el/la alumno/a tendrá que redactar una memoria del trabajo realizado siguiendo el procedimiento y las reglas de estilo de la literatura científica.

Posteriormente deberá presentarlo públicamente siguiendo también la metodología habitual en la presentación oral de trabajos científicos.

Bibliografía:

- A New Era in the Quest for Dark Matter, G. Bertone and T. Tait
<https://arxiv.org/abs/1810.01668>
- Les Houches Lectures on Indirect Detection of Dark Matter, T. Slatyer
<https://arxiv.org/abs/2109.02696>
- Dark matter evidence, particle physics candidates and detection methods, L. Bergström
<http://arxiv.org/abs/1205.4882>
- <https://www.gae.ucm.es/>
- <https://fermi.gsfc.nasa.gov/science/eteu/dm/>
- <https://www.cta-observatory.org/the-dark-side-of-the-matter/>
- <https://veritas.sao.arizona.edu/>
- <https://magic.mpp.mpg.de/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Física nuclear experimental	
Title:	Experimental nuclear physics	
Supervisor/es:	Luis Mario Fraile Prieto, José Briz Monago	
E-mail supervisor/es	lmfraile@ucm.es , josebriz@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Estudio de métodos experimentales empleados en experimentos de física nuclear de última generación, entender los sistemas de detección y el análisis de datos. Realizar análisis de datos de experimentos realizados en instalaciones nacionales e internacionales, como ISOLDE en el CERN y ALTO en Orsay, para obtener información de la estructura excitada de núcleos exóticos.

Metodología:

1. Familiarización con los aspectos más relevantes sobre técnicas usadas en experimentos de física nuclear experimental. Estudio de detectores e instrumentación.
2. Aprendizaje del manejo de las herramientas necesarias para el trabajo, programas de análisis de datos y simulaciones básicas.
3. Participación en actividades formativas específicas para los trabajos de fin de grado, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación, participación en seminarios del Grupo de Física Nuclear.
4. Desarrollo del tema de estudio, análisis de datos.
5. Redacción y revisión del trabajo.
6. Exposición de los trabajos en el Grupo de Física Nuclear antes de la presentación y defensa oficiales.

Bibliografia:

- Krane, "Introductory Nuclear Physics", Wiley.
- Knoll, "Radiation Detection and Measurement", Wiley.
- Leo, WF, "Techniques for nuclear and particle physics experiments" 1987 Springer.
- Fraile LM, "*Fast-timing spectroscopy at ISOLDE*", 2017 Journal of Physics G.
- L'Annunziata MF, "Handbook of Radioactivity Analysis", third Edition 2012, Elsevier.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2023-24



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica	
Título:	Reacciones (α,n) de interés astrofísico	
Title:	(α,n) reactions of astrophysical interest	
Supervisor/es:	Luis Mario Fraile Prieto, Andrés Illana Sisón	
E-mail supervisor/es	lmfraile@ucm.es , andres.illana@ucm.es	
Número de plazas:	1	
Asignación de TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

Objetivos:

Las reacciones inducidas por partículas alfa desempeñan un papel importante en la física nuclear y sus aplicaciones, además de en otras áreas científicas. Las reacciones (α,n) en concreto son interesantes desde el punto de vista de la astrofísica nuclear, en lo tocante a las fuentes de neutrones para el proceso de captura lenta de neutrones, la producción de radionúclidos por partículas solares energéticas y la nucleosíntesis de núcleos ligeros en el proceso r.

En este trabajo se propone el estudio del impacto de reacciones (α,n) en astrofísica nuclear, la investigación detallada de los procesos de reacción de partículas alfa sobre núcleos estables y de las distribuciones angulares para neutrones y rayos gamma salientes. Se pretende hacer un estudio completo que incluya suficiente detalle de los sistemas experimentales, de forma que se pueda preparar una propuesta realista de medidas con haces de partículas α en el CMAM.

Metodología:

1. Estudio bibliográfico sobre el impacto de las reacciones (α,n) en entornos astrofísicos y sobre las reacciones con partículas α sobre blancos estables.
2. Familiarización con los aspectos más relevantes de las técnicas experimentales de detección de neutrones y rayos gamma.
3. Aprendizaje de las herramientas necesarias para cálculos de procesos y de distribuciones angulares.

4. Participación en actividades formativas específicas para los trabajos de fin de grado, directrices para la elaboración del trabajo y de la presentación
5. Desarrollo del tema de estudio, redacción y revisión del trabajo.
6. Exposición de los trabajos previa a la presentación y defensa oficiales.

Bibliografía:

- Krane, "Introductory Nuclear Physics", Wiley.
- Leo, WF, "Techniques for nuclear and particle physics experiments" 1987 Springer.
- Mohr, P, "Cross sections of α -induced reactions for targets with masses $A \approx 20-50$ at low energies" Eur. Phys. J. A (2015) 51: 56
- J Bliss, A Arcones, F Montes and J Pereira, "Impact of (α, n) reactions on weak r-process in neutrino-driven winds", J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 44 (2017) 054003