Oferta de trabajos de dirigidos en el Máster de Física Nuclear				
Director		**Título**	**Temática**	**Requisitos**
Raúl González Jiménez, Joaquín López Herraiz	jlopezhe@ucm.es raugon06@ucm.es	Artificial intelligence for the modeling of neutrino-nucleus interactions	Why the Universe is made of matter instead of matter and antimatter in equal proportions? What is the nature and origin of dark matter? The answers to these and other fundamental questions could be in the neutrino oscillation. This phenomenom has opened the door to Physics beyond the Standard Model of Particle Physics and placed the study of these particles in one of the frontiers of the human knowledge. DUNE (https://www.dunescience.org/) and Hyperkamiokande (http://www.hyperk.org/) are the two main projects that represent the medium and long term plans in the field. Since neutrino detectors are made of complex nuclei (e.g. oxygen, carbon, or argon), unravelling the neutrino properties requieres to understand with high precision the possible neutrino-nucleus reaction channels in a broad energy range. A defining challenge is to make predictions of the neutrino-nucleus interaction with state-of-the-art nuclear models, this is due to the fact that highly computationally demanding simulations are required. Artificial Intelligence (AI) tools have shown their capacity to create very accurate models of very complex systems. These models can be trained using the set of available measurements or known values, and after that they can be used to generate new data in a very short time. The model can be evaluated with a set of testing values which can be compared against the predictions obtained by the AI model. The subject of this work will be to apply AI tools to the modeling of the neutrino-nucleus interaction.	
Óscar Moreno Díaz	osmoreno@ucm.es	Theoretical study of nuclear beta decays for recent experimental proposals	We pursue the theoretical study of the nuclear structure of neutron-deficient isotopes in the region of mercury, with a focus on the details related to their beta decays. The microscopic description of the nuclei starts with a self-consistent deformed Hartree-Fock (HF) mean-field calculation for quasiparticles, on top of which residual interactions are introduced within quasiparticle random-phase approximation (QRPA) to obtain the intensities of Gamow-Teller transitions and beta-decay meanlives. The analysis and presentation of results will be specifically designed to support recent experimental proposals at ISOLDE-CERN on the beta decay of isotopes around mercury 186 using the total absorption spectroscopy technique.	
Samuel España Ana Espinosa	sespana@ucm.es ana.espinosa@imdea.org	Napartículas metálicas con aplicación en radioterapia	Los avances en nanotecnología aplicada a la medicina, hoy denominada nanomedicina, se han orientado principalmente al desarrollo de nanopartículas para la detección temprana y el tratamiento de diversas enfermedades. El objetivo del trabajo es el estudio de nanopartículas con posibles aplicaciones como radiosensibilizadores. La radioterapia se utiliza con frecuencia en el tratamiento del cáncer, tanto con fines curativos como paliativos. Sin embargo, las dosis de radiación que se pueden administrar a los pacientes están limitadas por la toxicidad en el tejido sano circundante. Se han realizado muchos esfuerzos en Oncología Radioterápica con el objetivo de sensibilizar preferentemente los tumores a la radiación mientras se minimizan los efectos en los tejidos normales. Un enfoque para maximizar la respuesta diferencial entre la respuesta del tumor y del tejido normal es mediante la introducción de material de alto número atómico en el tumor. Para conseguir este objetivo, el uso de	

			nanopartículas metálicas es uno de los ámbitos sobre los que se está relizando más investigación. En este trabajo se realizará un estudio bibliográfico sobre el tema y posteriormente se definirá una estrategia a seguir incluyendo la síntesis de diversas nanopartículas, su caracterización incluyendo la posibilidad de estudiar los efectos fisico-químicos involucrados en el proceso de radiosensibilización así como estudiar el efecto sobre cultivos celulares tumorales.	
Joaquín López Herraiz	jlopezhe@ucm.es	Aplicación de Redes Neuronales para el modelado del transporte de radiación	Se busca usar técnicas modernas de Machine Learning para obtener un modelo rápido y preciso del rango de partículas cargadas (positrones, protones) en medios heterogéneos. La red neuronal se entrena con simulaciones Monte Carlo muy realistas, y una vez entrenada se evalúa tanto con datos simulados como reales. Se considerarán aplicaciones en imagen médica nuclear y protonterapia.	Disposición a aprender sobre Simulaciones y Redes Neuronales
Paula Ibáñez, JM Udías, JL Herraiz	jose@nuc2.fis.ucm.es jlopezhe@ucm.es	Cálculo de dosis en radioterapia mediante técnicas de aprendizaje profundo (deep learning)	Las técnicas de aprendizaje automático profundo (deep-learning) se abren paso en muchas áreas científicas. Desde hace poco se aplican también al cálculo de dosis en radioterapia. En este trabajo se revisarán las ideas de aprendizaje automático y de cálculo de dosis suministradas en los tratamientos de radioterapia (fotones,electrones o protones) y se evaluará la posibilidad de usar las redes neuronales para realizar el cálculo de dosis, realizando losentrenamientos de las redes con las simulaciones Monte Carlo aceleradas desarrolladas en el Grupo de Física Nuclear de la UCM.	
Paula Ibáñez, JM Udías, JL Herraiz	jose@nuc2.fis.ucm.es jlopezhe@ucm.es	Proton Range verification in prototherapy from patient activation and deep learning	Two clinical protontherapy beamlines began beam delivery early 2020 in Madrid and another 10 centers are planned in Spain for the following years. Real-time in-beam monitoring of dose delivered by hadrons, and proton range verification, either by means of prompt gammas as well as prompt PET emission is one of the forefronts of research in the field. Recent developments in deep machine learning based on neural networks (NN) have opened new ways to compute the dose in patients undergoing radiotherapy treatments. Neural networks should be trained with hundreds or thousands of 'good' solutions of the problem at hand, in this case of the computed dose for a given treatment plan in a particular location. Monte Carlo dose calculations are the reference for in-patient dosimetry, but it involves a large computational burden, which makes it difficult to use it to compute the training sets for NN approaches. In our group we have developed a very fast Monte Carlo proton dose-calculation engine, running in modern GPUs, which is several thousand faster than the existing CPU codes. We also have extremely fast codes which simulate the radiation emitted from the patients during proton irradiation. With the help of neural networks in this project we will produce pairs of proton irradiations / signal (images) in the radiation detectors, which we will use to train a NN to compute dose distribution from the radiation detected. The student will work with simulations as well as actual data from dose delivered and experiments with phantoms at the CMAM proton accelerator in Madrid and/or protontherapy centers also in Madrid. http://nuclear.fis.ucm.es	
Joaquin Lopez Herraiz	jlopezhe@ucm.es	Simulación de emisiones anisotrópicas de rayos gamma en campos magnéticos y redes neuronales	Se busca generar simulaciones realistas (con métodos Monte Carlo en GPU) y métodos avanzados de reconstrucción de la señal (con técnicas de compressed sensing y redes neuronales convolucionales) para una nueva técnica de imagen molecular basada en la emisión anisotrópica de rayos gamma en campos magnéticos.	

Joaquín López Herráiz y José Manuel Udías	jlopezhe@ucm.es jose@nuc2.fis.ucm.es	Modelado Físico de la Imagen por Contraste de Fase	Estudio de los avances recientes en imagen por contraste de fase, revisando los elementos de física relevantes, especialmente en relación con las técnicas Montecarlo y las correcciones por radiación dispersada.	
Joaquín López Herraiz	jlopezhe@ucm.es	Aplicación de Redes Neuronales en Física Nuclear	Se busca usar técnicas modernas de Machine Learning y Deep Learning para obtener parámetros nucleares a partir de las medidas obtenidas en diversos detectores. Se busca ver hasta qué punto se puede lograr reducir el número de detecciones y mantener una calidad de imagen aceptable. Se trabajará con datos reales adquiridos en diversos experimentos en Europa y EEUU. Enfocado al estudio de radioisótopos y aplicaciones en medicina nuclear.	Disposición a aprender sobre Tomografía Nuclear y Redes Neuronales
Joaquín López Herraiz	jlopezhe@ucm.es	Aplicación de Redes Neuronales para el modelado del transporte de radiación en tejidos	Se busca usar técnicas modernas de Machine Learning y Deep Learning para obtener un modelo rápido y preciso del rango de positrones y protones en la tejidos. La red neuronal se entrena con simulaciones Monte Carlo realistas, y una vez entrenada se evalúa tanto con datos simulados como reales. Enfocado a aplicaciones en imagen médica, protonterapia y desarrollo de software.	Disposición a aprender sobre Redes Neuronales, Machine Learning y Simulaciones.
Joaquín López Herraiz	jlopezhe@ucm.es	Aplicación de Redes Neuronales en Imagen Médica Nuclear	Se busca usar técnicas modernas de Machine Learning y Deep Learning para obtener una mejor imagen nuclear a partir de las medidas obtenidos en diversos detectores. Se busca ver hasta qué punto se puede lograr reducir el número de detecciones y mantener una calidad de imagen aceptable. Se trabajará con datos reales adquiridos en escáneres de Europa y EEUU. Enfocado a aplicaciones en imagen médica, y desarrollo de software.	Disposición a aprender sobre Redes Neuronales, Machine Learning, e Imagen Médica Nuclear.
José M. Udías Raúl González Jiménez	jose@uc2.fis.ucm.es raugon06@ucm.es	Simulador de eventos Monte Carlo para dispersión neutrino-núcleo	¿Por qué el Universo está hecho de materia en vez de materia y antimateria en iguales proporciones? ¿Cuál es el origen y naturaleza de la materia oscura? Las respuestas a éstas y otras cuestiones fundamentales podría estar en las oscilaciones de neutrinos. Este fenómeno, que evidencia que los neutrinos tienen masa, ha abierto la puerta a Física más allá del Modelo Estándar y ha situado el estudio de estas partículas en la actual frontera del conocimineto. DUNE (https://www.dunescience.org/) e Hyperkamiokande (http://www.hyperk.org/) son los dos "megaproyectos" que mejor representan los planes de la comunidad a medio y largo plazo. Una herramienta fundamental en estos experimentos de oscilaciones de neutrinos son los simuladores de eventos Monte Carlo (MCs), encargados de establecer el puente necesario entre lo que se mide experimentalmente en los detectores y la información que se quiere extraer (propiedades de los neutrinos). Una de las funciones de los MCs es simular la interacción entre el neutrino (proyectil) y el núcleo blanco que forma el detector, ya sea oxígeno (agua), carbono (aceites) y argon (detectores de argon líquido). Los objetivos principales de este trabajo serán: 1) Familiarización con los diferentes modelos teóricos de interacción neutrino-núcleo que se utilizan en el Grupo de Física Nuclear (GFN) de la UCM. Principalmente, modelos para la dispersión cuasielástica y para la producción de piones.2) Familiarización con alguno de los códigos MC para la propagación de hadrones en el medio nuclear: modelos semiclásicos de cascada, GEANT4, TOPAS, etc.3) Implementación de uno o varios de los modelos teóricos desarrollados por el grupo en un MC.	
Pedro Rato José Manuel Udías	pedro.rato@ciemat.es jose@nuc2.fis.ucm.es	Diseño de un detector PET avanzado para	La protonterapia utiliza protones para irradiar a los pacientes, ya que gracias al pico de Bragg permite obtener mejor conformidad de la dosis que con fotones y electrones. En Madrid se han construido dos instalaciones de protonterapia que van a iniciar sus actividades en los próximos días. El potencial de la protonterapia se ve limitado	

		verificación de rango en protonterapia	por las incertidumbres sobre la posición del pico de Bragg en el paciente, esto es, por la determinación del rango de los protones in vivo. Una de las actividades en las que más intensamente se trabaja en este momento se refiere precisamente a la verificación del rango de los protones in vivo, en particular mediante la detección de la actividad PET (tomografía de emisión de positrones) que los protones producen en el paciente durante la irradiación. En este trabajo se optimizará el diseño de un detector PET dedicado a la determinación del rango de los protones in vivo, basado en módulos detectores y electrónica desarrollados en el CIEMAT. Mediante técnicas de simulación Monte Carlo se determinará el rendimiento del detector (sensibilidad, calidad de imagen) para diferentes configuraciones geométricas de los detectores.	
Luis Robledo	luis.robledo@uam.es	El hamiltoniano de pairing: un laboratorio para explorar aproximaciones al problema de muchos cuerpos (nuclear).	Se pretende aplicar algunas de las técnicas de aproximación comunes en el problema de muchos cuerpos nuclear tales como el campo medio (aproximación de BCS), proyección, dynamical mean field, geminals, etc a la solución del hamiltoniano de pairing para apreciar la bondad de dichas aproximaciones comparándolas con el resultado exacto de Richardson.	El estudiante deberá tener una buena base teórica que incluya el formalismo de segunda cubanización.
Luis Robledo	luis.robledo@uam.es	Estudio numérico de excitaciones isovectoriales en núcleosatómicos	Usando codigos de ordenador propios se procederá a la realización de cálculosnuméricos usando el metodo del generador de coordenadas (GCM) para excitaciones isovectoriales en núcleos de interés.	El estudiante deberá tener interés por el calculo numérico, conocimiento de Unix/linux, bash scripting fortran, etc
Tomás Rodríguez	tomas.rodriguez@uam.es	Hamiltonianos nucleares esquemáticos ajustados a funcionales de la densidad realistas.	Las aproximaciones de campo medio autoconsistentes basadas en interacciones nucleares tipo Skyrme/Gogny/Relativistas proporcionan información precisa de masas y radios en toda la carta de núcleos. No obstante, con estas aproximaciones no se pueden describir estados excitados, transiciones ni desintegraciones de manera adecuada. Esto se debe a que las funciones de onda de campo medio no tienen bien definidos los números cuánticos (momento angular, paridad, número de partículas, etc.), ni son lo suficientemente generales como para describir mezclas de configuraciones. Para estudiar este tipo de observables se deben usar métodos más allá de la aproximación del campo medio. Sin embargo, dichos métodos son computacionalmente muy costosos cuando se usan interacciones nucleares complejas como las anteriormente mencionadas. En esta propuesta de trabajo de fin de máster, con el objetivo de reducir el tiempo de cálculo que requieren los métodos más allá de campo medio, se pretende ajustar una interacción más esquemática, que incluya los principales grados de libertad nucleares, usando como punto de partida la interacción de Gogny.	Conocimiento básico de linux/unix, programación básica, formalismo de segunda cuantización.

Eduardo Garrido	e.garrido@csic.es	Núcleos ligeros y reacciones de interés astrofísico: Técnicas de tres cuerpos en Física Nuclear		
José Manuel Udías Luis Mario Fraile	jose@nuc2.fis.ucm.es lmfraile@ucm.es	Evaluación de materiales centelleadores y combinaciones para detección de rayos gamma y partículas cargadas	Trabajo experimental para caracterizar (energía y tiempo) nuevos materiales de centelleo (centelleadores inorgánicos, plásticos, fibras centelleantes) para su aplicación a la detección de gammas y partículas en física nuclear experimental y aplicada.	
José Manuel Udías Luis Mario Fraile Joaquín López Herraiz Víctor Sánchez-Tembleque	jose@nuc2.fis.ucm.es lmfraile@ucm.es jlopezhe@ucm.es	Evaluación de las posibilidades de las técnicas de aprendizaje profundo en instrumentación nuclear: mejora de la resolución temporal	El GFN-UCM tiene una gran experiencia en las medidas de resolución temporal (timing) con detectores centelleadores, manteniendo algunos records mundiales en cuanto a la mejor resolución temproal obtenida hasta la fecha con centelleadores inorgánicos y plásticos. En este trabajo se estudiará si las técnicas de aprendizaje profundo pueden mejorar los resultados obtenidos con el análisis convencional de señales. Se utilizarán detectores de nuestro laboratorio.	
Luis Mario Fraile	lmfraile@ucm.es	Estudio experimental de la evolución de orbitales nucleares lejos de la estabilidad	Análisis de datos de experimentos ISOLDE/CERN de núcleos próximos a N=20, N=40 y N=82	
José Manuel Udías Luis Mario Fraile	jose@nuc2.fis.ucm.es lmfraile@ucm.es	Algoritmos de procesado digital de pulsos para medidas de tiempos con centelleadores	Desarrollo de algoritmos para tratamiento digital de pulsos rápidos de centelleadores inorgánicos y medidas en laboratorio.	Disposición a pasar horas en nuestro laboratorio
Luis Mario Fraile	lmfraile@ucm.es	Medida del fondo de neutrones y simulaciones para medidas de secciones eficaces de interés astrofísico	Análisis de datos y simulaciones (MCNPX) de medidas de neutrones con tubos de 3He, en el LSC de Canfranc y otras instalaciones.	
Luis Mario Fraile	lmfraile@ucm.es	Puesta a punto de sistemas de detección de partículas cargadas y medidas	Puesta punto de la Si-ball, un sistema de detectores de silicio para partículas cargadas, y su aplicación a experimentos en el acelerador del CMAM.	

		experimentales en el CMAM		
José Manuel Udías Luis Mario Fraile	jose@nuc2.fis.ucm.es lmfraile@ucm.es	Evaluación de materiales centelleadores para detección de rayos gamma y partículas cargadas	Trabajo experimental para caracterizar (energía y tiempo) nuevos materiales de centelleo (centelleadores inorgánicos, plásticos, fibras centelleantes) para su aplicación a la detección de gammas y partículas.	Disposición a pasar horas en nuestro laboratorio
José Manuel Udías	jose@nuc2.fis.ucm.es	Técnicas de procesado de datos y reconstrucción de imagen nuclear	Se desarrollarán nuevas técnicas de proceso de datos y reconstrucción de imagen aplicados a datos reales de escáneres PET clínicos y preclínicos.	
José Manuel Udías	jose@nuc2.fis.ucm.es	Mejora en el diseño de detectores y escáneres para medicina nuclear mediante métodos Monte Carlo	Se mejorarán las correcciones aplicadas a las imágenes nucleares	
Samuel España Palomares José Manuel Udías	sespana@cnic.es jose@nuc2.fis.ucm.es	Sistema de Muestreo Arterial para la Aplicación de Modelos Cinéticos en PET	La tomografía por emisión de positrones (PET) es un técnica de imagen molecular que permite visualizar in vivo una determinada función biológica dependiente del radiotrazador utilizado. Los datos medidos por un escáner PET se componen de varias componentes que pueden ser identificados utilizando un marco matemático basado en modelos cinéticos. La utilización de modelos cinéticos del trazador permiten incrementar sustancialmente la cantidad de información biológica que puede extraerse de estos datos. El propósito de un modelo matemático es definir la relación entre los datos medibles y los parámetros fisiológicos que afectan la captación y el metabolismo del trazador. Los modelos utilizados requieren el conocimiento de la función de entrada a nivel arterial, es decir, la cantidad de trazador que el un determinado tejido tiene disponible en la sangre en cada momento del estudio. Esta función se suele determinar mediante la extracción de muestras de sangre en distintos momentos del estudio y el contaje de la actividad que contiene cada muestra. El trabajo propuesto tiene como objetivo la construcción y validación de un sistema de muestreo automático de sangre que contenga un detector gamma para la cuantificación de actividad. El trabajo tendrá una etapa inicial de estudio y construcción de un prototipo seguido da la validación de su funcionamiento y su puesta en marcha en estudios con animales.	

Unidad Fisica de Particulas CIEMAT. Contacto Begoña de la Cruz	begona.delacruz@ciemat.es	Enlace a la oferta de trabajos: http://cfp.ciemat.es/tfm	Relación de Trabajos de Fin de Máster ofertados correspondientes al curso 2020/21 dirigidos por miembros de la Unidad CFP: 1. Estudio del flujo de muones cósmicos en detectores del Short-Baseline Neutrino Program de Fermilab 2. Estudio de la detección de muones cósmicos con ProtoDUNE (Deep Underground Neutrino Experiment) en el CERN 3. LiquidO: Una nueva tecnología para la Detección de Neutrinos 4. Búsqueda de nuevos procesos más allá del Modelo Estándar de Partículas e Interacciones usando datos de colisiones pp tomados por CMS en el colisionador LHC del CERN 5. Medida de la interferencia cuántica entre quarks top y anti-top en el experimento CMS 6. Medida de la asimetría de carga de quarks bottom en futuros colisionadores electrón-positrón 7. Análisis de datos de los experimentos de búsqueda directa de Materia Oscura ArDM/DART y DEAP-3600 8. Estudio, construcción y desarrollo de un nuevo detector de argón de doble fase para búsqueda directa de Materia Oscura con el experimento DarkSide-20k. 9. Desarrollo de algoritmos basados en inteligencia artificial para la búsqueda directa de materia oscura con los experimentos DEAP-3600 y DarkSide-20z 10. Cosmología con cartografiados extragalácticos en radiotelescopios 11. Resolviendo los discos de las estrellas: interferometría de intensidad con los telescopios MAGIC 12. Física fundamental con futuros detectores espaciales de rayos cósmicos 13. Medida precisa de la velocidad de partículas cargadas en detectores espaciales
Concepción Oliver Amorós	concepcion.oliver@ciemat.es	Impacto de las condiciones Iniciales del haz en Dinámica de partículas de un ciclotrón	En el CIEMAT se está desarrollando un ciclotrón clásico para la producción de radioisótopos. Se han realizado estudios detallados de dinámica de partículas con códigos especializados con el fin de maximizar la energía y corriente resultante en dicho ciclotrón. Sin embargo, las condiciones iniciales reales del haz extraído de la fuente interna de iones no son conocidas y determinarán el comportamiento final de las partículas. Nuevas simulaciones en la interfaz con la fuente son necesarias para evaluar dicho impacto. Estas simulaciones serán comparadas con los estudios de fuentes internas que se llevarán a cabo en el sistema experimental que se ha desarrollado en nuestras instalaciones. La medida del perfil del haz y medidas de emitancia ayudarán a validar y/o mejorar las simulaciones de dinámica realizadas.
Gastón García López Silvia Viñals (CMAM)	silvia.vinnals@uam.es https://www.cmam.uam.es/	Modelling the activation at CMAM	At CMAM there is a Coaxial Tandetron Accelerator of 5MV with two ionsources that allows to produce different ions, from H to Au. CMAM is areference center for experiments in different fields such as materialscience, solid state physics or biomedical among others. Nowadays,the External Microbeam line (EuB) is involved in experiments thatrequire high-energy protons (10 MeV) and produce activation in theline and the samples. These experimental conditions may beintroduced as well in other beamlines in the future.The master project will be focused on doing a spectroscopic study ofthe elements that are already activated in the line and deduce howthe activations were produced, modelling this phenomenon with theconditions of the center. The contribution of this study will be a decalogue of the “forbiddenelements” in the relevant beam optics elements to avoid or minimizeactivation.

José Manuel Udías Joaquín López Herráiz	jose@nuc2.fis.ucm.es jlopezhe@ucm.es	Métodos de rayos en técnicas de reconstrucción tomográfica de imagen nuclear e imagen ultrasónica.	La tomografía computerizada permite obtener imagen 3D, bien estructural (anatómica) como funcional. Como imagen funcional, el PET es la modalidad más en boga. Como imagen estructural, la tomogra´fia por US es no invasiva y emplea radiación no ionizante. Se encuentra actualmente en pleno desarrollo, sobre todo en imagen dedicada a mama. Un tomógrafo ultrasónico consiste en una serie de transductores (emisores/receptores) rodeando la mama, con el que se se miden las señales transmitidas y reflejadas por el objeto explorado, lo que permite obtener propiedades acústicas de los diferentes tejidos. En particular se determinan la velocidad del sonido en cada tejido y la atenuación que sufren las ondas ultrasónicas. Los mapas de velocidad llevan usándose ya unos años, pero los mapas de atenuación han comenzado recientemente a llamar la atención dentro de esta técnica ya que teóricamente permiten obtener imágenes con un nivel de contraste mucho mejor que la mamografía. Los métodos de reconstrucción de imagen a partir de estas señales se basan por un lado en la resolución de la ecuación de onda completa, que son precisos pero computacionalmente muy costosos, o en el lado extremo, en los algoritmos de rayos, que son aproximados, con mucha peor calidad de imagen, pero muy rápidos. En este trabajo se explorarán algoritmos intermedios que combinen características de los algoritmos de trazados de rayos (curvos o rectos) y de la solución completa de la ecuación de onda. Entre estos métodos, se considerará el algoritmo de centros dispersores, en el que se distribuyen puntos de dispersión (scatter) en el medio y se trazan rayos como múltiples segmentos entre puntos dispersores y emisores/detectores, con el fin de determinar las señales transmitidas y reflejadas. Los algoritmos de trazado de rayos o tubos de respuesta entre puntos dispersores ya han sido utilizando con éxito para estimar el fondo debido a la dispersión Compton en las imágenes adquiridas por escáneres PET, implementación para este caso PET que será también estudiada en este trabajo.
Daniel Sánchez Parcerisa	dsparcerisa@ucm.es	Optimización de algoritmos de cálculo de dosis para protonterapia	La protonterapia es un tipo especial de radioterapia externa que utiliza haces de protones para irradiar a los pacientes, aprovechando su más favorable distribución de dosis longitudinal (pico de Bragg) en comparación con los haces de fotones y electrones. Aunque no existe ningún centro de protonterapia en funcionamiento actualmente en España, se trata de una técnica en rápido crecimiento, con más de 150,000 pacientes tratados en todo el mundo. El trabajo propuesto se realizará en el ámbito del modelado analítico de dosis para protonterapia, contribuyendo al desarrollo del planificador de tratamientos FoCa, con fines educativos y de investigación. En concreto, el proyecto consiste en la optimización y testeo de algoritmos de interpolación de dosis en tres dimensiones para puntos dispersos; seleccionando los parámetros óptimos en el algoritmo de vecinos más próximos (KNN) y comparándolo con algoritmos basados en triangulación. En una segunda fase, el proyecto incluirá también la implementación y mejora de algoritmos de cálculo de la dispersión lateral de haces clínicos, y de estimación de la energía lineal depositada en el paciente. Para abordar este proyecto es recomendable tener conocimientos de programación y estar familiarizado con MATLAB.

Daniel Sánchez Parcerisa	dsparcerisa@ucm.es	Estudio de viabilidad de reconstrucción de dosis en radioterapia mediante ultrasonidos	La protonterapia es un tipo especial de radioterapia externa que utiliza haces de protones para irradiar a los pacientes, aprovechando su más favorable distribución de dosis longitudinal (pico de Bragg) en comparación con los haces de fotones y electrones. Aunque no existe ningún centro de protonterapia en funcionamiento actualmente en España, se trata de una técnica en rápido crecimiento, con más de 150,000 pacientes tratados en todo el mundo. Uno de los mayores retos es la localización precisa del punto de mayor deposición de de dosis in vivo tras una irradiación, ya que la planificación de tratamientos está sujeta a incertidumbres de diverso origen. Para solventarlo, se está investigando la posibilidad de registrar la onda de choque acústica causada por la deposición de dosis y aplicar algoritmos de reconstrucción de ultrasonidos para localizarla. El proyecto consiste, en una primera fase, en la integración del algoritmo de planificación y cálculo de dosis de FoCa con el simulador de ondas acústicas k-Wave. Tras la obtención de resultados preliminares, estos pueden mejorarse aplicando técnicas iterativas de reconstrucción de imagen 3D. Para abordar este proyecto es recomendable tener conocimientos de programación y estar familiarizado con MATLAB.
Daniel Sánchez Parcerisa	dsparcerisa@ucm.es	Desarrollo de herramientas computacionales para evaluación de incertidumbres y adaptación de tratamientos en radioterapia estereotáctica en cáncer de pulmón	(Trabajo en colaboración con la Universidad de Navarra) El movimiento respiratorio que sufren los tumores en el pulmón limita la dosis que puede prescribir el oncólogo, aumenta la incertidumbre en la dosis absorbida, compromete la probabilidad de control local de la enfermedad, y aumenta el riesgo de toxicidad. Este proyecto aborda este problema con el objetivo de desarrollar y validar una estrategia de adaptación de tratamientos en pulmón que asegure una correcta cobertura tumoral, una menor incertidumbre dosimétrica, y permita plantear posteriormente la escalada de dosis. En primer lugar desarrollaremos herramientas para evaluar las incertidumbres globales en la dosis absorbida en tumores de pulmón tratados con radioterapia estereotáctica guiada por imagen. En segundo lugar, aplicaremos las herramientas en una cohorte de pacientes, para establecer una estrategia clínicamente práctica de radioterapia adaptativa, que validaremos evaluando el acuerdo entre las dosis planificada y reconstruida. En esta investigación se introducen las siguientes novedades metodológicas para alcanzar los objetivos: 1) El uso y validación del registro deformable de imágenes entre conjuntos de TAC (planificación) y CBCT 4D adquirido justo antes del tratamiento, y de registro CBCT – CBCT. 2) La voxelización del tumor y el empleo del campo de vectores de desplazamiento para acumular y reconstruir la dosis global. 3) El uso del método de Monte Carlo para calcular la dosis en cada fracción de tratamiento sobre imágenes de CBCT 4D. 4) El estudio del efecto 'interplay' en tratamientos con hipofraccionamiento y VMAT en pulmón, y, sobre todo 5) La aplicación clínica de la radioterapia adaptativa en el pulmón, área en la que actualmente hay muy poca bibliografía.
Samuel España Palomares José Manuel Udías	sespana@ucm.es jose@nuc2.fis.ucm.es	Estudio de Nuevas Técnicas en Detectores PET	La tomografía por emisión de positrones (PET) es un técnica de imagen molecular que permite visualizar in vivo una determinada función biológica dependiente del radiotrazador utilizado. El trabajo propuesto tiene como objetivo el estudios de nuevas técnicas para el desarrollo de detectores para equipos de imagen PET. El trabajo constará de una primera etapa de estudio sobre el tema y posteriormente se realizarán simulaciones Monte Carlo. Dependiendo del progreso alcanzado podrán realizarse también mediciones experimentales.
Rafael Molina Laura Muñoz	rafael.molina@csic.es lmunoz@ucm.es	Aplicaciones de Teoría de Matrices Aleatorias para el estudio del Caos Cuántico en Física Nuclear	Se analizarán la calidad y la aplicabilidad de las distintas herramientas provenientes de la teoría matemática de matrices aleatorias en el estudio del caos cuántico en física nuclear.

Iván Calvo. Theory Group, Laboratorio Nacional de Fusión, CIEMAT. Madrid (Spain).	E-mail: ivan.calvo@ciemat.es Phone: +34 91 346 6739 Webpage: http://fusionsites.ciemat.es/icalvo/	Theory of collisional transport in optimized stellarators.	**Abstract:** Stellarators are a promising alternative to tokamaks as future magnetic confinement fusion reactors. However, the magnetic field of a stellarator has to be designed very carefully for it to have confinement properties comparable to those of an axisymmetric tokamak; if this is the case, the stellarator is said to be "optimized". In this project, the theory that is needed to calculate collisional transport of particles and energy in optimized stellarators will be studied and extended. **Bibliography: "**The effect of tangential drifts on neoclassical transport in stellarators close to omnigeneity", I. Calvo et al. Plasma Phys. Control. Fusion 59, 055014 (2017). **Webpage** of one of our ongoing projects: http://fusionsites.ciemat.es/stellaratortransport/	**Required skills:** Good physics and mathematics background. **Preferred skills:** Scientific computer programming.
Jose Luis Velasco. Theory Group, Laboratorio Nacional de Fusión, CIEMAT. Madrid (Spain).	joseluis.velasco@ciemat.es Webpage: http://fusionsites.ciemat.es/jlvelasco	Numerical tools for the design of optimized stellarators.	**Abstract:** Neoclassical transport is a fundamental part of stellarator plasma physics, since it is expected to account for most of the energy losses in a stellarator reactor [1]. Therefore, its minimization is in the core or any process of stellarator design. In the course of this master thesis, the student will become involved in the use of a recently developed numerical code [2,3] that it is able to characterize accurately and fast the neoclassical transport of a magnetic configuration. **Bibliography:** Papers available at http://fusionsites.ciemat.es/jlvelasco/ [1] A Dinklage, et al. Validation Study of Neoclassical Transport Modeling in Medium- to High-Density Stellarator-Heliotron Plasmas. Nuclear Fusion, 53(6):063022, 2013. [2] I Calvo et al. The effect of tangential drifts on neoclassical transport in stellarators close to omnigeneity. Plasma Physics and Controlled Fusion, 59(5):055014, 2017. [3] J. L. Velasco, et al. Large tangential electric fields in plasmas close to temperature screening. Plasma Physics and Controlled Fusion, accepted https://arxiv.org/abs/1712.03872. Web of one of our ongoing projects: http://fusionsites.ciemat.es/stellaratortransport/	**Required skills:** Scientific computer programming, good physics background. **Preferred skills:** Good mathematics background.
Álvaro Cappa (EC Heating group), José M. García-Regaña (Theory Group) Laboratorio Nacional de Fusión, CIEMAT. Madrid (Spain).	alvaro.cappa@ciemat.es, jose.regana@ciemat.es Phone: +34 91 346 6434, +34 91 346 6646	Fast particle dynamics in thermo-nuclear fusion plasmas.	**Abstract:** highly energetic α particles will be the main fusion product in future reactors. The good performance of the reactors strongly depends on the fact that these particles transfer their energy through collisions back the reactants (Deuterium and Tritium) before they abandon the confining magnetic field (which can be of tokamak or stellarator type). In the present project we propose the study of the transport properties of fast particles in thermo-nuclear fusion plasmas, the causes for their bad confinement, and in particular the effect of inducing externally currents into the plasma**.** **Bibliography:** Basic physics of Alfvén instabilities driven by energetic particles in toroidally confined plasmas. W. W. Heidbrink et al. Phys. Plasmas 15 055501 (2008)	**Required skills:** Good physics background. **Preferred skills:** Scientific computer programming.
José Manuel García-Regaña, José Luis Velasco. Theory Group. Laboratorio Nacional de Fusión, CIEMAT. Madrid	jose.regana@ciemat.es, joseluis.velasco@ciemat.es Phone: +34 91 346 6434 Webpage of one of our ongoing projects: http://fusionsites.ciemat.es/stellaratortransport/	Impurity transport in *stellarators*	**Abstract:** the viability of nuclear fusion as source of energy depends to a great extent on the low presence of impurities (highly charged ions) present on its fuel (a plasma of Deuterium and Tritium). In the present project we aim at studying the collisional transport of impurities embedded in such plasmas and addressed by means of massive parallel computing simulations. In particular we aim at finding plasma operation windows where its accumulation is mitigated or absent. **Bibliography:** "Electrostatic potential variation on the flux surface and its impact on impurity transport", J. M. García-Regaña et al. Nucl. Fusion 57, 056004 (2017). Some useful links: www.iter.org, https://www.ipp.mpg.de/w7x	**Required skills:** Good physics background. **Preferred skills**: Scientific computer programming.

José Antonio Briz, Instituto de Estructura de la Materia, CSIC	jose.briz@csic.es	Experimental tests of IEM-CSIC scanner prototype for medical imaging with protons	Our group is building a prototype of scanner for medical imaging using protons at usual beam energies in protontherapy (30-230 MeV). The scanner is built using silicon and scintillation detectors commonly used in Experimental Nuclear Physics. During 2021, experimental tests of the prototype will be performed in two international facilities: KVI in Groningen (Netherlands) and CCB in Krakow (Poland). The tests will be done acquiring images in radiography mode (single image) and tomography mode (multiple projections at different rotation angles) of simple phantoms. This TFM student will help in the preparation of both experiments doing tests in our Laboratory in IEM-CSIC and Geant4 simulations and will perform the data analysis and extraction of results.	
Mª José García Borge, Instituto de Estructura de la Materia, CSIC	mj.borge@csic.es	Study of reactions of astrophysical interest	Along this academic year we plan to perform a series of studies of reactions of astrophysical interest, 7Li(3He,p)9Be and 10B(d,alpha)8Be in the tandem accelerator of 5 MV of the UAM. The master research work will consist of the preparation of these experiments by means of the study of the optimum energy to realise the experiment, simulations of the best setup configuration and depending of the circumstances some data analysis.	
Christophe Rappold, Instituto de Estructura de la Materia, CSIC	Christophe.rappold@csic.es	Development of a Bayesian filter for track finding in cylindrical detection system	In the coming WASA@FRS experiment at GSI-FAIR facility, Germany, a cylindrical detection system inside a solenoid magnet is in use for tracking light hadron produced in the nuclear collision of 6Li and 12C at 2GeV/u. The cylindrical detection system is composed of concentric layers of strawtubes, forming the MDC (Mini Drift Chamber) particle tracking system. Additionally a plastic scintillator barrel at the outer radial layer is in place for the particle identification and final tracking layer. In the experiment, particles interacts with the different strawtubes and plastic scintillator bars. In each event, the set of detected hits form the MDC and scintillator bar are then used to create a set of track candidates. This procedure is called the track finding process. The goal of the proposed TFM is to develop a new algorithm for finding the tracks in the central detection system. The new idea is to use a Bayesian filter to track backwards from the outer layer to the inner layer and associate sub-set of hits into track candidates using prior probabilistic distributions.	Requirements: fluent in Python and/or C++ programming, Statistics, Monte Carlo simulations, High energy nuclear physics.
Christophe Rappold, Instituto de Estructura de la Materia, CSIC	Christophe.rappold@csic.es	Development of a machine learning discriminator for improving the signal-to-background ratio of the 3ΛH hypernuclear signal in HypHI Phase 0 experiment	In the previous experiment of the HypHI collaboration , the Phase 0 experiment, the light hypernuclei 3ΛH and 4ΛH were observed in the collision of 6Li+12C at 2AGeV. The goal of the proposed TFM is to use of machine learning techniques for improving the signal-to-background ratio of 3ΛH experimental signal. The experimental data and Monte-Carlo simulations will be used for creating, teaching and evaluating the different ML algorithms.	Requirements: fluent in Python and/or C++ programming, Statistics, Monte Carlo simulations, High energy nuclear physics.
Olof Tengblad, Instituto de Estructura de la Materia, CSIC	olof.tengblad@csic.es	Data adquisition system for Study of reactions of astrophysical interest	Along this academic year we plan to perform a series of studies of reactions of astrophysical interest, 7Li(3He,p)9Be and 10B(d,alpha)8Be in the tandem accelerator of 5 MV of the UAM. The master research work will contribute to the preparation of these experiments with emphasis on the Data Acquisition system in relation to fully understand the trigger and timing of the system and to optimize the data storage. Part of this work has though, to be performed in the laboratory.	

Silvia Viñals, (CMAM, IEM-CSIC)	s.vinals@csic.es	Analysis of the 2^+ doublet at 16.6 and 16.9 MeV of the ^{8}B	^{8}B is a unique nucleus that suffers a β^+-decay followed by the break-up of the daughter nucleus into two α. The β/EC-decay of the ^{8}B populates a 2^+ doublet at 16.6 and 16.9 MeV that is interesting by itself as it is strongly mixed in isospin. Due to the strong interference between the states, the doublet only can be studied within the R-Matrix framework. The master project will analyse the data of the first β-decay experiment of the ^{8}B nucleus that has seen the doublet with enough statistics. This work is in collaboration with IEM-CSIC and topic of a paper to be published in 2021.
Katrin Wimmer, Instituto de Estructura de la Materia, CSIC	k.wimmer@csic.es	Reaction vertex determination with neural networks	In order to be able to perform accurate Doppler correction of gamma-rays emitted in relativistic nuclear reactions, the reaction vertex has to be known for each event. A new proposal is to use an array of active target detectors to measure the energy loss of the projectile in each layer. The determination of the reaction layer can then be achieved with a trained artificial neural network. The aim of this work is to develop the neural network analysis using simulated data and benchmark the prediction accuracy.
Andrea Jungclaus Instituto de Estructura de la Materia, CSIC	andrea.jungclaus@iem.cfmac.csic.es	High-resolution gamma-ray spectroscopy at relativistic energies	Summary: In this project, the candidate will learn how to analyse data taken in astate-of-the-art experiment in experimental nuclear physics. Taking advantage ofthe high energy resolution offered by the array of segmented Ge detectors HiCARI,an experiment has been conducted at the Radioactive Isotope Beam Factory (RIBF)at RIKEN (Tokyo, Japan) in November 2020 to study nuclei in the region arounddoubly-magic 132Sn. The radioactive beams of interest were produced in theprojectile fission of a 238U beam at relativistic energies, separated and identifiedby the BigRIPS spectrometer and finally induced secondary reactions (nucleonremoval and inelastic scattering) on light and heavy targets.
Mailyn Pérez-Liva, JM Udias (GFN-UCM)	mailyn01@ucm.es jose@nuc2.fis.ucm.es	Estudio de la heterogeneidad tumoral y predicción de la eficacia de un tratamiento antiangiogénico mediante análisis radiómico de imágenes multimodales de parámetros metabólicos y funcionales	Los paragangliomas y feocromacitomas son tumores neuroendocrinos poco frecuentes. Estos tumores malignos se caracterizan por una elevada actividad vascular y metabólica. El sunitinib es un fármaco antiangiogénico que se encuentra actualmente bajo evaluación para tratar estos tumores. En este trabajo, nuestro objetivo es poner a prueba la capacidad de un nuevo sistema multimodal de imágenes preclínicas denominado PETRUS (Positron Emission Tomography registered Ultrasonography [1-3]) para predecir el resultado del tratamiento con sunitinib. PETRUS consiste en la obtención de imágenes híbridas adquiridas simultáneamente mediante Tomografía de Emisión de Positrones (PET) para el estudio del metabolismo de la glucosa empleando 18-FDG, Imagen Doppler de Ultrasonido Ultrarrápido (UUI) para analizar la arquitectura vascular tumoral e imágenes de Tomografía Computarizada (CT) para obtener información sobre la anatomía del tumor. El estudio se realizará en imágenes longitudinales ya adquiridas en ratones, en un modelo de invalidación de la expresión de la subunidad B de la succinato deshidrogenasa (Sdhb-/-) [3]. La base de datos generada durante estos experimentos será analizada mediante el enfoque del análisis radiómico, actualmente una herramienta ampliamente utilizada en radiología diagnóstica, que permite la correlación cuantitativa de biomarcadores de imagen con datos clínicos con el fin de mejorar el diagnóstico, el seguimiento del tratamiento y la predicción de la respuesta a las terapias [4]. Las propiedades extraídas de estos datos multidimensionales se utilizarán para clasificar el fenotipo tumoral [4]. Adicionalmente, en este proyecto buscaremos identificar y extraer biomarcadores predictivos de la respuesta al tratamiento antiangiogénico. Comentarios: Necesarios conocimientos de programación en Matlab o Phyton.
Mailyn Pérez-Liva, JM Udias (GFN-UCM)	mailyn01@ucm.es jose@nuc2.fis.ucm.es	Vínculo corazón-cerebro en imágenes metabólicas de un modelo de rata de síndrome de Takutsubo.	El síndrome de Takotsubo (ST), también conocido como abombamiento apical transitorio del ventrículo izquierdo o síndrome del corazón roto, se describió por primera vez como una miocardiopatía inducida por el estrés emocional en Japón en 1990. Estudios posteriores demostraron que la incidencia de la ST representa el 1-3% de todos los pacientes y el 5-6% de las mujeres hospitalizados por sospecha de infarto de miocardio. Aunque el 90% de los pacientes son mujeres posmenopáusicas, el ST puede producirse en mujeres jóvenes, en hombres y en niños y las causas que lo desencadenan pueden originarse de diversas situaciones como como señales emocionales agudas negativas o positivas, estrés físico, trastornos neurológicos agudos, actividad física, procedimientos médicos y, en algunos casos, sin evento desencadenante evidente. En este trabajo exploraremos un modelo animal de rata de ST mediante el uso de imágenes obtenidas por Tomografía por Emisión de Positrones (PET) con FDG y Tomografía Axial Computarizada (TAC). El/la estudiante involucrado/a llevará a cabo el procesamiento de imágenes y de datos ya adquiridos, por lo que no se requiere manipulación animal. Se analizarán imágenes correspondientes a diferentes intervalos temporales después de la inducción de la enfermedad y se analizarán los cambios metabólicos producidos tanto en corazón como en cerebro y su evolución temporal. Se trabajará con atlas cerebrales para la segmentación del cerebro y con algoritmos de registro para el análisis conjunto de todos los individuos inspeccionados. Se realizarán de igual modo segmentaciones del corazón a partir del PET y se explorarán correlaciones espaciales y temporales de toda la data originada. Se explorará el uso de algoritmos de inteligencia artificial para análisis predictivo de ciertos biomarcadores relevantes en la evolución de la enfermedad. El resultado final del trabajo será un paquete de análisis de datos para la interpretación de imágenes metabólicas neuro-cardiacas de ST. El trabajo se desarrollará en estrecha colaboración con el Centro de Investigaciones Cardiovasculares de Paris, Francia. Necesarios conocimientos de programación en Matlab y/o Python.