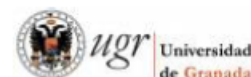


Curso

2016-2017

Guía Docente del Master Interuniversitario en Física Nuclear



Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid

Máster en Física Nuclear

Curso 2016-2017

1. DESCRIPCIÓN DEL TÍTULO. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.1. Denominación

Física Nuclear

1.2. Universidad Solicitante y Centro, Departamento o Instituto responsable del Título

Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Físicas Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear.

Se trata de una propuesta de Máster Interuniversitario, coordinado por la Universidad de Sevilla y con participación de la UCM, UAM, U. Salamanca, U. Santiago de Compostela, U. de Granada, U. Barcelona, CSIC y CIEMAT.

1.3. Tipo de enseñanza

Presencial

1.4. Número de plazas de nuevo ingreso ofertadas

30

1.5. Número de créditos y requisitos de matriculación

Los estudiantes habrán de cursar 60 ECTS, 36 ECTS con asignaturas presenciales y 24 ECTS con el trabajo de fin de máster. Se realizará una oferta máxima de 60 ECTS configurada por ejemplo como 10 asignaturas de 6 ECTS.

Podrán ser admitidos al máster estudiantes que hayan cursado estudios previos en la licenciatura o grado en Física, Ciencias Físicas u otros grados con denominación y contenidos similares. Licenciatura o grado en Química y licenciatura o grado en Ingeniería.

2. JUSTIFICACIÓN

2.1 Justificación del título propuesto, argumentando el interés académico, científico o profesional del mismo.

Este máster resulta de la adaptación en la UCM a la nueva regulación de los estudios de posgrado (máster y doctorado) indicada en el decreto 1393/2007, del programa interuniversitario en Física Nuclear, que se viene impartiendo con mención de calidad (MCD2005-0251) desde su creación. Dicho programa, a su vez, tenía como antecedente el programa de doctorado interuniversitario "Escuela de Doctorado de Física Nuclear", también con mención de calidad (MCD2004-0059).

El Máster en Física Nuclear surge de estos programas de doctorado interuniversitarios que dieron continuidad a los cursos que el Grupo Especializado de Física Nuclear (GEFN) de la Real Sociedad Española de Física viene organizando desde 1998 y que han sido seguidos por estudiantes de todo el estado para completar sus programas de doctorado. Sus objetivos fundamentales son potenciar los estudios de posgrado en Física Nuclear a nivel nacional y favorecer el intercambio científico entre los estudiantes de doctorado y entre los profesores del área. El programa de doctorado en Física Nuclear aporta a los estudiantes una formación sólida que abarca tanto aspectos fundamentales de la disciplina como aplicados.

Durante los últimos cursos académicos el programa de doctorado ha tenido un promedio de 22 alumnos que iniciaban los estudios por primera vez. La singularidad más significativa del máster que se plantea probablemente sea la consideración con igual importancia de los aspectos teóricos de estructura y reacciones nucleares con los aspectos aplicados y experimentales.

3. OBJETIVOS

El máster de Física Nuclear aportará a los alumnos una formación sólida, en el ámbito de la Física

Nuclear, que abarca tanto los aspectos fundamentales de la disciplina como los aspectos aplicados, y tanto los aspectos teóricos como los aspectos experimentales.

3.1 Competencias generales y específicas.

Los alumnos que cursen este máster adquirirán las siguientes Competencias Generales:

G1: Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas nuevos en contextos amplios (o multidisciplinares) relacionados con la Física Nuclear.

G2: Ser capaces de integrar conocimientos y formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

G3: Saber comunicar sus conclusiones (y los conocimientos y razones últimas que las sustentan) en el campo de la Física Nuclear y aplicaciones a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

G4: Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando en el campo de la Física Nuclear de un modo en gran medida autodirigido o autónomo.

G5 Fomentar el espíritu emprendedor.

G6 Fomentar y garantizar el respeto a los Derechos Humanos y a los principios de accesibilidad universal, igualdad, no discriminación y los valores democráticos y de la cultura de la paz.

G7 Conocer la influencia de los procesos nucleares sobre el entorno medioambiental y conocer las consideraciones éticas derivadas.

Y las siguientes competencias específicas:

E1: Capacidad para el estudio e investigación en temas abiertos en la frontera del conocimiento en los campos de la Física Nuclear, tanto teórica como experimental, y sus aplicaciones tecnológicas y médicas.

E2: Poseer una visión global del conocimiento actual de los procesos de generación de materia y energía en el Universo, de la exploración del Universo usando partículas y radiación de alta energía, de la descripción de la estructura de los núcleos atómicos y de sus interacciones y de la conexión de éstos con estructuras más fundamentales.

E3 Capacidad para el uso de las principales herramientas y métodos de computación y programación utilizadas en la actualidad en los experimentos de Física Nuclear, y para el manejo de las técnicas experimentales que son de uso generalizado tanto en física medioambiental como en medicina, en el ámbito diagnóstico y terapéutico de las radiaciones ionizantes.

E4: Capacidad para desarrollar el trabajo de investigación científica en el marco de grandes internacionales en el que se combinan labores tanto teóricas como experimentales y tecnológicas.

4. DESTINATARIOS

El máster está dirigido a todos aquellos licenciados en Física, Química, Ingeniería, etc. interesados en adquirir una formación de calidad en los ámbitos relacionados con la Física Nuclear y con la Tecnología Nuclear y, especialmente, combinando ambos aspectos. En particular, el máster será útil para:

- Futuros investigadores en el campo de Física Nuclear.
- Física Médica en sus aspectos más relacionados con la Física Nuclear.
- Radiactividad ambiental.
- Instrumentación nuclear
- Técnicas nucleares de análisis de materiales.
- Técnicas nucleares de datación.
- Centrales nucleares, fisión y fusión.

5. PLANIFICACIÓN DOCENTE DEL MÁSTER

5.1. Distribución del plan de estudios en créditos ECTS por tipo de materia

Formación básica: 0

Obligatorias: 18

Optativas: 18

Prácticas externas: 0

Trabajo de fin de grado: 24

Total: 60

5.2. Aspectos académico-organizativos generales

El alumnado deberá realizar 60 ECTS divididos en dos semestres. Típicamente en el primer cuatrimestre cursarán 18 ECTS de materias obligatorias. El Trabajo de Fin de Máster, de 24 ECTS, se podrá realizar a lo largo de todo el curso.

El resto de créditos hasta 60 corresponde a materias optativas a distribuir entre los dos semestres a elegir entre las ofertadas en cada semestre.

La filosofía del Máster Interuniversitario es el reparto más equilibrado posible entre todas las Universidades participantes tanto de los recursos docentes como de las sedes en las que se impartirán las materias. En el primer semestre de cada año, la Comisión Académica del Máster programará las sedes del curso siguiente y el profesorado correspondiente, atendiendo en el medio plazo al equilibrio antes mencionado. Este esquema viene funcionando a plena satisfacción en el periodo formativo del Programa de Doctorado Interuniversitario "Física Nuclear", que ostenta la mención de calidad del Ministerio, desde sus orígenes en 2004 y aún antes en la denominada Escuela de Doctorado de Física Nuclear.

Más adelante se detallan los módulos/materias correspondientes del periodo de docencia y los créditos del periodo de investigación tutelada, indicando en su caso a título orientativo la Universidad en la que se impartirán preferentemente. Las sedes de los cursos se decidirán cada año haciendo las rotaciones oportunas para que en promedio todas las Universidades participantes contribuyan por igual. La distribución de sedes y profesores la fijará, como se ha mencionado arriba con la debida antelación para cada curso académico, la comisión Académica del Máster y se reflejará en la suscripción los correspondientes informes que serán remitidos a todas las Universidades participantes para que lo pongan en conocimiento de los potenciales alumnos.

5.3. Créditos a superar por el estudiante

El trabajo fin de Máster lo realiza cada estudiante en la Universidad en la que se matricula bajo la dirección o codirección de un profesor o investigador de esa Universidad. Por ello, se han puesto los 24 créditos de dicho trabajo en todas las Universidades participantes.

El total de 60 créditos proviene de 36 créditos de cursos más 24 créditos del trabajo fin de Máster que hace el alumno en su Universidad.

5.4. Planificación de las enseñanzas para la consecución de los objetivos y la adquisición de competencias

La planificación de las enseñanzas de este Máster estará basada, de cara a la consecución de los objetivos y a la adquisición de competencias, en la impartición de tutorías presenciales, clases presenciales de teoría, problemas y laboratorio en su caso, y en la tutela personalizada de los alumnos matriculados. Por regla general el número de horas presenciales por ECTS será de unas 8 h. Algunas materias, debido a sus especiales características, se pueden apartar de este criterio.

El reparto de horas presenciales del alumno para cada materia de 6 créditos ECTS tiene tres fases. En la primera, el alumno en su Universidad y bajo la supervisión de su tutor prepara y estudia el material necesario para seguir los cursos presenciales con aprovechamiento. En esta fase, el tutor es el responsable del seguimiento formativo del alumno y deberá haber al menos 10 horas tutoriales presenciales en esta fase, antes de la impartición de los cursos para prepararlos. En una segunda fase, el alumno asiste a los cursos programados. **Estos cursos se concentran cada uno en una semana y en una sede determinada. Durante la semana de cada curso los alumnos y los profesores responsables se desplazan a la sede correspondiente.**

Los alumnos reciben en esa semana las clases del curso, aprovechan las tutorías ofrecidas por los profesores e inician la resolución/preparación de los problemas/memorias que los profesores les soliciten para

superar el curso. En esta fase, los profesores de la asignatura son los responsables de la valoración del aprendizaje del alumno. En esta fase el alumno recibirá típicamente 20 horas presenciales de exposiciones y 10 horas presenciales de tutorías con los profesores. En la tercera fase, el alumno ya de vuelta a su Universidad y bajo la supervisión de su tutor y el asesoramiento de los profesores del curso por correo electrónico, finalizan los problemas/memorias solicitadas durante el curso y se las remiten a los profesores para su evaluación. En esta fase, el tutor y los profesores de la asignatura conjuntamente son los responsables de valorar el aprovechamiento del alumno. En esta última fase, el alumno debe tener, al menos, 10 horas presenciales de tutorías con su tutor para que éste supervise su trabajo y valore su aprovechamiento.

El criterio general de evaluación para todas las materias, salvo mención expresa en la ficha del módulo, estará basado en la evaluación continua del trabajo personal de cada alumno, en la realización de ejercicios y/o trabajos por parte todos los alumnos matriculados, y en el informe razonado e individualizado del tutor de cada alumno.

La indicación metodológica para cada materia será por regla general, y salvo que se especifique lo contrario en la correspondiente ficha, de clases magistrales, resolución de problemas, elaboración de informes de prácticas y, en su caso de impartición de seminarios avanzados.

5.5. Tabla-Resumen del Plan de Estudios

SEMESTRE	ASIGNATURA	TIPO	ECTS	ORIENTACIÓN		
				TEÓRICA	EXPTAL.	TÉCNICA
S1(***)	Física del Núcleo Atómico (**)	MOp	6		X	
	Estructura Nuclear	MOB	6		X	
	Reacciones Nucleares	MOB	6		X	
	Física Nuclear Experimental	MOB	6		X	X
	Física Nuclear Aplicada I (Materiales y Medioambiente)	MOp	6	X	X	
S2(***)	Física Hadrónica	MOp	6			
	Astrofísica Nuclear	MOp	6		X	
	Física Nuclear Aplicada II (Energía y Aplicaciones Biomédicas)	MOp	6		X	
	Interacciones Débiles No se oferta el curso 2016-2017	MOp	6		X	
	Mecánica Cuántica Avanzada	MOp	6			
	Trabajo Fin de Máster	TFM	24		X	X

Descripción de códigos utilizados: **MOB** (materia obligatoria), **MOp** (materia optativa), **TFM** (Trabajo Fin de Máster).

(**) La materia de **Física del Núcleo Atómico** está pensada con contenidos elementales para que establezca el nivel mínimo de conocimientos básicos de Física que debe tener un alumno de grado para poder seguir con aprovechamiento el resto de las materias del Máster. No se oferta para aquellos licenciados que hayan cursado asignaturas de Física Nuclear en la licenciatura o en el grado. Los estudiantes admitidos han de contactar con el coordinador del máster en la UCM para realizar la selección informada de asignaturas optativas.

(***) En la tabla, el semestre indica el periodo de impartición de la parte presencial de la asignatura. La calificación final de todas las asignaturas no se realizará hasta el final del primer curso, es decir, durante la

convocatoria de junio.

El **Trabajo de Fin de Máster** se ha asignado al segundo semestre en esta tabla, aunque se podrá desarrollar durante todo el curso.

Las materias propuestas cubren ampliamente lo que internacionalmente se entiende por Física Nuclear. Se incluyen los distintos modelos nucleares en Estructura Nuclear, la forma en la que interaccionan los núcleos en Reacciones Nucleares, los experimentos que se realizan y previsiblemente se realizarán en Física Nuclear Experimental, las principales aplicaciones (a materiales, médicas, medioambientales y energéticas) de la Física Nuclear en Física Nuclear Aplicada, la relación de la Física Nuclear con constituyentes fundamentales más elementales en Física Hadrónica, la importancia de los fenómenos nucleares en los procesos astrofísicos en Astrofísica Nuclear y en Interacciones Débiles, y, por último, el desarrollo de un tema de investigación original en el Trabajo Fin de Máster. A estas materias hay que añadir una Ampliación de Mecánica Cuántica que introduzca los aspectos relativistas.

El resto de asignaturas, tanto obligatorias como troncales se ofertan en formato intensivo (una semana de clase presencial por cada asignatura y aproximadamente una asignatura cada mes), entre enero y junio, ambos inclusive.

5.6. Página web y correo de contacto del máster

http://nuclear.fis.ucm.es/fisica_nuclear/
master@nuclear.fis.ucm.es

5.7. Indicadores

Tasa de graduación - 80.00% Tasa de abandono - 20.00% Tasa de eficiencia - 80.00%

6. DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS O MATERIAS. CONTENIDOS DE LAS ASIGNATURAS.

6.1. Calendario

Código	Asignatura	Créditos	Lugar	Fechas	Carácter	Fecha límite entrega trabajos/ejercicios...
603750	Física del Núcleo Atómico*	6	Salamanca/Sedes locales*	17-21 octubre 2016	Optativa	7 noviembre 2016
	Mecánica Cuántica Avanzada (Teoría Cuántica Relativista: procesos de dispersión)	6	Salamanca	24-28 octubre 2016	Optativa	13 noviembre 2016
603751	Estructura Nuclear	6	Madrid	14-18 noviembre 2016	Obligatoria	12 diciembre 2016
603752	Reacciones Nucleares	6	Sevilla	12-16 diciembre 2016	Obligatoria	15 enero 2017
603753	Física Nuclear Experimental**	6	Madrid/Sevilla **	16-20 enero 2017	Obligatoria	15 febrero 2017
603758	Física Nuclear Aplicada I (materiales y medioambiente)	6	Sevilla	23-27 enero 2017	Optativa	20 febrero 2017
603759	Física Nuclear Aplicada II (energía y aplicaciones biomédicas)	6	Madrid	20-24 febrero 2017	Optativa	13 marzo 2017
603755	Física Hadrónica	6	Barcelona	13-17 marzo 2017	Optativa	8 abril 2017
603754	Astrofísica Nuclear	6	Barcelona	20-24 marzo 2017	Optativa	15 abril 2017

(*)Además del curso intensivo en Salamanca, esta asignatura se impartirá localmente en las sedes que dispongan de una oferta local con contenidos adecuados. Es requisito imprescindible contactar con el coordinador local antes de matricularse en esta asignatura

(**) Esta asignatura, básicamente con iguales contenidos y estructura, tendrá dos sedes el curso 2016-2017: Madrid y Sevilla. Se harán dos grupos de alumnos.

6.2. Descripción de los Módulos. Contenidos de las Asignaturas

Módulo: Introdutorio

Asignatura:

Física del Núcleo Atómico

Módulo: Trabajo de Investigación Tutelado

Asignatura:

Trabajo Fin de Máster

Módulo: Fundamental

Asignaturas:

Estructura Nuclear

Reacciones Nucleares

Física Nuclear Experimental

Módulo: Física Nuclear Aplicada

Asignaturas:

Física Nuclear Aplicada I

Física Nuclear Aplicada II

Módulo: Complemento

Asignaturas:

Física Hadrónica

Astrofísica Nuclear

Mecánica Cuántica Avanzada

MÓDULO: Introdutorio

Créditos ECTS: 6

Carácter: Optativa

Unidad temporal: Semestral

Materias y Asignaturas asociadas a este Módulo:

Física del Núcleo Atómico

Requisitos previos

Ninguno en especial, salvo los conocimientos mínimos de Física y Matemáticas a nivel del grado en Física, Química o Ingeniería requeridos para acceder al Máster.

Sistemas de evaluación: Criterio de evaluación específico para la asignatura

Asistencia y participación en el curso presencial, elaboración de ejercicios y problemas planteados por los profesores, Informe del tutor.

Objetivos:

Introducir al alumnado los fundamentos y destrezas necesarios para iniciarse en investigación en Física Nuclear, tanto teórica como experimental.

Contenidos:

Curso de iniciación al estudio del núcleo atómico. En el nuevo grado de Física en la mayoría de las Universidades sólo se dedican 3 créditos al estudio de la Física Nuclear, este curso introductorio se propone sentar las bases elementales de la Física Nuclear. Los temas a tratar serán:

Introducción. El tamaño y la forma de los núcleos. Espectroscopía nuclear. Desintegraciones nucleares. Desexcitación de los estados nucleares. Núcleos exóticos. Instalaciones de haces radioactivos. Radiografía de un experimento.

Descripción de las competencias

G1: Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas nuevos en contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con la Física Nuclear.

G2: Ser capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

G6: Fomentar y garantizar el respeto a los Derechos Humanos y a los principios de accesibilidad universal, igualdad, no discriminación, y los valores democráticos y de la cultura de la paz.

G7: Conocer la influencia de los procesos nucleares sobre el entorno medioambiental y conocer las consideraciones éticas derivadas.

E1: Capacidad para el estudio e investigación en temas abiertos en la frontera del conocimiento en los campos de la Física Nuclear, tanto teórica como experimental, y sus aplicaciones tecnológicas y médicas.

E3 Capacidad para el uso de las principales herramientas y métodos de computación y programación utilizadas en la actualidad en los experimentos de Física Nuclear, y para el manejo de las técnicas experimentales que son de uso generalizado tanto en física medioambiental como en medicina, en el ámbito diagnóstico y terapéutico de las radiaciones ionizantes.

Materias y asignaturas asociadas a este módulo**Física del Núcleo Atómico**

Fecha, Lugar: contactar con el coordinador local

Optativa/Obligatoria: contactar con el coordinador

MÓDULO: Trabajo de Investigación Tutelado (Fin de Máster)

Créditos ECTS: 24

Carácter: Obligatoria

Unidad temporal: Anual

Materias y Asignaturas asociadas a este Módulo:

Trabajo Fin de Máster

Requisitos previos

Requisitos previos recomendados: Haber cursado o estar cursando las asignaturas de este Máster.

Sistemas de evaluación

Criterio de evaluación específico para la asignatura:

Cada Universidad nombrará un tribunal para valorar los trabajos fin de Máster con los criterios y composición que cada Universidad decida. Una composición generalmente adoptada es tres miembros doctores de la Universidad nombrados por el Consejo de Departamento del Departamento responsable del Máster en cada Universidad. Entre esos miembros puede haber doctores externos al Máster. El tribunal valorará: la presentación escrita del trabajo, la exposición oral del estudiante y el debate que tendrá lugar después de la exposición en el que el tribunal preguntará cuantas cuestiones estime oportuno sobre el tema de investigación (desarrollo, presentación escrita y oral).

Actividades formativas con su contenido en ECTS, su metodología de enseñanza y aprendizaje, y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante: Actividades formativas con su contenido en horas del alumnado

Para el cálculo de los créditos ECTS se ha supuesto que 1 ECTS equivale a 25 horas de trabajo del estudiante. Este módulo tiene 24 ECTS, luego implica un total de 600 horas de trabajo del estudiante. Ello implica unas 15 semanas de trabajo a tiempo completo. La mayor parte de este tiempo corresponde a trabajo autónomo. Se estiman unas 70 horas de trabajo presencial y unas 530 horas de trabajo autónomo del alumno distribuidas según la tabla siguiente:

TRABAJO PRESENCIAL EN EL AULA	HORAS	TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNADO	HORAS
Clases de pizarra en grupo grande		Estudio autónomo individual o en grupo	200
Tutorías individuales con el tutor, antes del curso	10	Escritura de ejercicios, conclusiones u otros trabajos	100

Objetivos

Profundizar en una de las líneas de investigación del Programa. Aprender a desarrollar autónomamente un tema de investigación. Aprender a hacer búsquedas bibliográficas sobre temas de interés. Aprender a redactar textos científicos. Aprender a presentar un trabajo original ante un público especializado

Indicación metodológica específica este trabajo de investigación:

El tutor del estudiante propondrá un trabajo de investigación dentro de alguna de las líneas de investigación del Programa. El alumno debe familiarizarse con la literatura previa sobre el tema. Sigue una fase de estudio y desarrollo del trabajo planteado. En esta fase el estudiante siempre contará con el asesoramiento del tutor. Luego, los resultados de la investigación deben ser plasmados por escrito en una memoria. Finalmente, dicha memoria debe ser defendida oralmente ante un tribunal especializado.

Contenidos:

El trabajo de investigación tutelado será elegido por el estudiante en alguna de las líneas de

investigación del Máster.

El trabajo será dirigido por un profesor del Máster. Las líneas de investigación del Máster son:

Estructura Nuclear, Reacciones Nucleares, Física Hadrónica, Física Nuclear Experimental, Física Nuclear Aplicada, Astrofísica Nuclear.

Descripción de las competencias:

G1: Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas nuevos en contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con la Física Nuclear.

G2: Ser capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

G3: Saber comunicar sus conclusiones (y los conocimientos y razones últimas que las sustentan) en el campo de la Física Nuclear y aplicaciones a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

G4: Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando en el campo de la Física Nuclear de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

G5: Fomentar el espíritu emprendedor.

G6: Fomentar y garantizar el respeto a los Derechos Humanos y a los principios de accesibilidad universal, igualdad, no discriminación, y los valores democráticos y de la cultura de la paz.

G7: Conocer la influencia de los procesos nucleares sobre el entorno medioambiental y conocer las consideraciones éticas derivadas.

E1: Capacidad para el estudio e investigación en temas abiertos en la frontera del conocimiento en los campos de la Física Nuclear, tanto teórica como experimental, y sus aplicaciones tecnológicas y médicas.

E2: Poseer una visión global del conocimiento actual de los procesos de generación de materia y energía en el Universo, de la exploración del Universo usando partículas y radiación de alta energía, de la descripción de la estructura de los núcleos atómicos y de sus interacciones y de la conexión de éstos con estructuras más fundamentales.

E3 Capacidad para el uso de las principales herramientas y métodos de computación y programación utilizadas en la actualidad en los experimentos de Física Nuclear, y para el manejo de las técnicas experimentales que son de uso generalizado tanto en física medioambiental como en medicina, en el ámbito diagnóstico y terapéutico de las radiaciones ionizantes.

E4: Capacidad para desarrollar el trabajo de investigación científica en el marco o formando parte de grandes colaboraciones internacionales en el que se combinan labores tanto teóricas como experimentales y tecnológicas.

Materias y asignaturas asociadas a este módulo

Trabajo de Fin de Máster

Créditos: 24

Obligatorio

MÓDULO: Fundamental

Créditos ECTS: 18

Carácter: Obligatorias

Unidad temporal: Anual

Materias y Asignaturas asociadas a este Módulo:

Estructura Nuclear

Reacciones Nucleares

Física Nuclear Experimental

Requisitos previos

Se recomienda haber cursado la asignatura de este Máster "Física del Núcleo Atómico", o tener un bagaje previo equivalente.

Sistemas de evaluación

Criterio de evaluación específico para las asignaturas:

Asistencia y participación en el curso presencial, elaboración de ejercicios y problemas planteados por los profesores, elaboración de prácticas de laboratorio. Informe del tutor.

Actividades formativas con su contenido en ECTS, su metodología de enseñanza y aprendizaje, y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante

Objetivos:

Introducir al alumnado a los principales modelos nucleares. Introducir al estudiante en los métodos experimentales básicos para medir propiedades relacionadas con la estructura del núcleo atómico. Conocer los métodos de campo medio aplicados a sistemas de muchos fermiones en interacción. Introducir al alumnado a los principales esquemas y aproximaciones para el estudio de las reacciones nucleares. Conocer la instrumentación y montajes más usuales en un laboratorio de Física Nuclear. Conocer los sistemas de adquisición y tratamiento de datos en un experimento de Física Nuclear. Planificar y llevar a cabo un experimento.

Aprender algunos métodos de simulación numérica.

Indicación metodológica específica para el módulo:

La docencia de todas las materias de este módulo se organiza en tres fases:

- a) tutorías previas del estudiante con su tutor asignado (uno para cada estudiante del programa),
- b) clases magistrales de teoría o problemas, y prácticas en el laboratorio, concentradas en una semana para cada asignatura, incluyendo clases de resolución de los problemas y cuestiones planteadas durante las clases magistrales, en grupos reducidos.
- c) tutorías posteriores al curso con el tutor asignado para planificar los problemas y/o trabajos que el alumno debe elaborar y entregar.

La docencia de las asignaturas será secuencial en el tiempo, es decir, las tres fases de una asignatura serán seguidas de las tres fases de la siguiente, etc. Se evitará el solape de la docencia de más de una asignatura. Una de las materias del módulo tiene un gran componente experimental por lo que se realizará en gran parte en los laboratorios. Algunas de las prácticas serán: Dispersión Rutherford, Montaje de detectores de centelleo, Espectroscopía de absorción total, Simulación numérica por ordenador.

Actividades formativas con su contenido en horas del alumnado

Para el cálculo de los créditos ECTS se ha supuesto que 1 ECTS equivale a 25 horas de trabajo del estudiante, y que, en promedio, por cada hora presencial el alumno necesita 1.5 h de trabajo extra independiente para la asimilación de los conceptos, nomenclatura etc. más 0,5 h para la elaboración de

problemas y/o las prácticas realizadas.

Para cada una de las materias Estructura Nuclear y Reacciones Nucleares las horas presenciales serán 50 repartidas del siguiente modo: 10 horas con el tutor previas a la impartición del curso para preparar el material, 30 horas de clase durante el curso (20 horas expositivas y 10 horas tutoriales) y 10 horas con el tutor posteriores al curso para resolver dudas y planificar los problemas y/o trabajos que debe elaborar el alumno. Las horas presenciales en la materia Física Nuclear Experimental serán 50 repartidas del siguiente modo: 10 horas con el tutor previas a la impartición del curso para preparar el material, 30 horas de clase durante el curso (fundamentalmente laboratorio) y 10 horas con el tutor posteriores al curso para resolver dudas y planificar los problemas y/o trabajos que debe elaborar el alumno. Para el total del módulo habrá 150 horas presenciales y 300 horas de trabajo personal del alumno, repartidas como se detalla en la siguiente tabla.

TRABAJO PRESENCIAL EN EL AULA	HORAS	TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNADO	HORAS
Clases de pizarra en grupo grande	60	Estudio autónomo individual o en grupo	200
Tutorías individuales con el tutor, antes del curso	30	Escritura de ejercicios, conclusiones u otros trabajos	75

Contenidos del Módulo

Introducción a los principales modelos nucleares, tanto colectivos como de partícula independiente. Los temas a tratar serán:

El modelo colectivo. Los modelos de partícula independiente. El modelo unificado de Bohr-Mottelson. Bases microscópicas de los modelos nucleares. Correlaciones de apareamiento. Vibraciones nucleares. Más allá del campo medio. Modelos algebraicos.

Introducción a la teoría cuántica de la dispersión y su aplicación a la dispersión de núcleos atómicos. Los temas a tratar serán:

Fenomenología de las reacciones nucleares. Dispersión elástica. Teoría clásica de la dispersión. Teoría cuántica de la dispersión. Dispersión inelástica. Métodos aproximados. Otros canales de reacción. Características generales de los detectores de radiación: Materiales aislantes y semiconductores. Movilidad electrónica e iónica. Deriva y difusión. Señal intrínseca y factor de Fano. Resolución en energía. Eficiencia. Mecanismo de centelleo, centelleadores, dispositivos de fotomultiplicación. Detectores gaseosos de radiación: deriva y multiplicación. Detectores proporcionales y no proporcionales. Detectores de semiconductor. Unión p-n. Diodo. Detectores de micropistas y pixeles. El detector como dispositivo electrónico. Teorema de Ramo. Modelización eléctrica del contador. Electrónica de amplificación (voltaje, corriente eléctrica y carga eléctrica). Circuitos de acondicionamiento de señal. El amplificador de instrumentación. Instrumentación de espectrometría. Medida de tiempos. Sistemas de detección en Física Nuclear y de Altas Energías. Espectrómetro magnético. Calorímetro. Detectores de traza. El sistema de adquisición de datos. Buses estándar: bus serie, usb, gpib, ethernet. Buses de altas prestaciones: pci, pxi, vme, vxi, lxi. Protocolos de comunicación y eficacia de adquisición: ancho de banda y latencia. Programación gráfica de instrumentación (Labview). Sistemas operativos en tiempo real.

Descripción de las competencias

G1: Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas nuevos en contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con la Física Nuclear.

G2: Ser capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

G4: Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando en el campo de la Física Nuclear de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

G7: Conocer la influencia de los procesos nucleares sobre el entorno medioambiental y conocer las consideraciones éticas derivadas.

E1: Capacidad para el estudio e investigación en temas abiertos en la frontera del conocimiento en los campos de la Física Nuclear, tanto teórica como experimental, y sus aplicaciones tecnológicas y médicas.

E3 Capacidad para el uso de las principales herramientas y métodos de computación y programación utilizadas en la actualidad en los experimentos de Física Nuclear, y para el manejo de las técnicas experimentales que son de uso generalizado tanto en física medioambiental como en medicina, en el ámbito

diagnóstico y terapéutico de las radiaciones ionizantes.

E4: Capacidad para desarrollar el trabajo de investigación científica en el marco o formando parte de grandes colaboraciones internacionales en el que se combinan labores tanto teóricas como experimentales y tecnológicas.

Materias y asignaturas asociadas a este módulo

Estructura Nuclear

Fechas: 14-18 de noviembre de 2016

Lugar: Madrid

Obligatoria

Contenidos:

1 MODELOS COLECTIVOS.

- Dinámica de la gota líquida. Vibraciones y rotaciones nucleares.

2 MODELOS DE PARTÍCULAS INDEPENDIENTES.

- El modelo de capas esférico. El modelo de capas deformado (Nilsson). Correcciones de capas al modelo de la gota líquida (Strutinsky).

3 EL MODELO UNIFICADO DE BOHR Y MOTTELSON ([RS] CAP. 3).

- Energías de excitación y transiciones electromagnéticas en núcleos deformados.

4 BASES MICROSCÓPICAS DE LOS MODELOS DE PARTÍCULAS INDEPENDIENTES.

- El método de Hartree-Fock. La interacción efectiva nucleón-nucleón en el medio nuclear. Correlaciones y rotura de simetrías.

5 CORRELACIONES DE APAREAMIENTO([RS] CAP. 6).

- La aproximación BCS: las ecuaciones del gap. El método de Hartree-Fock-Bogolyubov.

6 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE LAS VIBRACIONES NUCLEARES.([H] CAP. 6)

- El método de Tamm-Damcoff. La aproximación de las fases aleatorias.

7 MÁS ALLÁ DEL CAMPO MEDIO ([H] CAP. 3; [RS] CAP. 10 Y 11).

- El modelo de capas con mezcla de configuraciones. Restauración de las simetrías; métodos de proyección. El método de la coordenada generatriz.

8 MODELOS ALGEBRAICOS.

- Núcleos deformados, rotaciones y el modelo SU(3) de Elliott.

Bibliografía:

Fundamentales

``The Nuclear Many Body Problem'', P. Ring y P. Schuck (Springer 1980).

``The Nuclear Shell Model'', K. Heyde (Springer-Verlag, 1994).

Otros libros

``Simple Models of Complex Nuclei'', I. Talmi (Harwood Academic Publishers, 1993).

``From Nucleons to Nucleus'', J. Suhonen (Springer 2007).

``Shell Model applications in Nuclear Spectroscopy'', P.J. Brussaard y P.W.M. Glaudemans

(North Holland 1977).

y otros libros útiles

C.A. Bertulani and H. Schechter Introduction to Nuclear Physics Nova

P.E. Hodgson and E. Gadioli Introductory Nuclear Physics Oxford Science

Publications

A. Bohr and B.R. Mottelson Nuclear Structure. Vol. I, II World Scientific

A. de Shalit and H. Feshbach Theoretical Physics. Vol. I: Nuclear Structure Wiley

J.M. Eisenberg and W. Greiner Nuclear Theory Vol. 1 North Holland

D. J. Rowe Nuclear Collective Motion Methuen and Co. Ltd.

W. Greiner and J. Maruhn Nuclear Models Springer

Física Nuclear Experimental

Fechas: 16-20 de enero de 2017

Lugar: Madrid/Sevilla (Esta asignatura, básicamente con iguales contenidos y estructura, tendrá dos sedes el curso 2016-2017: Madrid y Sevilla. Se harán dos grupos de alumnos.)

Obligatoria

Contenidos:

El objetivo del curso es introducir al estudiante en las técnicas instrumentales más comunes utilizadas en la investigación experimental de las propiedades del núcleo atómico y en las diversas aplicaciones de la Física Nuclear. El curso incluye una introducción básica a la instrumentación nuclear (4 horas), seminarios especializados sobre técnicas experimentales en Física Nuclear (8 horas) y prácticas de laboratorio (28 horas).

Introducción a la instrumentación nuclear

En esta sección se introducirán: 1) los conceptos básicos de interacción de la radiación y la materia, 2) los principios de funcionamiento de los detectores más comunes: detectores gaseosos de ionización, detectores de semiconductor y detectores de centelleo, 3) su aplicación a la detección de la radiación gamma, de partículas cargadas y de neutrones, y 4) una introducción a la electrónica nuclear y los sistemas de adquisición de datos.

Seminarios especializados

En esta sección se presentarán varios seminarios que exploran el uso de diferentes técnicas experimentales en temas actuales de investigación en Física Nuclear. Los tópicos incluyen: 1) Espectroscopía gamma de alta resolución en haz, 2) Desintegración radioactiva por emisión de partículas cargadas, 3) Emisión de neutrones retardados en la desintegración beta, 4) Espectroscopía gamma por absorción total, 5) Reacciones nucleares con haces de baja energía, 6) Medida de secciones eficaces de reacciones en cinemática inversa, 7) Medida de masas nucleares con alta precisión, 8) Producción y uso de haces radioactivos en experimentos de desintegración

Prácticas de Laboratorio

En este apartado se incluyen 7 prácticas que el alumno debe realizar. Prácticas con ordenador: 1) Simulación Monte Carlo de detectores con Geant4, 2) Simulación de producción y selección de haces radioactivos con LISE+. Prácticas de laboratorio: 3) Montaje de detectores de centelleo, 4) Calibración de detectores de HPGe para radiación gamma, 5) Calibración de detectores de Si para partículas alfa y beta. Técnicas de vacío. 6) Detección de neutrones con tubos proporcionales de ^3He , 7) Medida de correlaciones temporales. Coincidencias gamma-gamma. Asimismo se ofrecen 2 prácticas avanzadas alternativas a algunas de las anteriores: 8) Espectroscopía gamma por absorción total, y 9) Detectores de Si para partículas, sensibles a la posición (DSSSD).

Bibliografía:

Introduction to Accelerator Physics, P.J. Bryant, 14th. I. Winter Meeting. Eds. E. Fernández y A. Méndez. World Sci. 1997

Gamma- and X-ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, K. Debertin and R.G. Helmer, http://www.amazon.com/Gamma-X-Ray-Spectrometry-Semiconductor-Detectors/dp/0444871071#reader_0444871071

Introduction to Accelerator Physics, P.J. Bryant, 14th. I. Winter Meeting. Eds. E. Fernández y A. Méndez. World Sci.

Gamma- and X-ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, K. Debertin and R.G.Helmer, http://www.amazon.com/Gamma-X-Ray-Spectrometry-Semiconductor-Detectors/dp/0444871071#reader_0444871071

Introducción to Experimental Particle Physics, R. Fernow, Cambridge University Press, http://www.amazon.com/Introduction-Experimental-Particle-Physics-Richard/dp/0521379407#reader_0521379407

Radiation Detection and Measurement, G.F. Knoll, Wiley

Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, W.R. Leo, Springer Verlag

New Detector Developments for Nuclear Radiation, R. Mossbauer (J. Phys. G S1-S13 (1991))

Particle accelerators and their uses, W. Scharf, http://www.amazon.ca/Particle-Accelerators-Their-Uses-Scharf/dp/3718605333#reader_3718605333

Instrumentación Nuclear, A. Tanarro Sanz, <http://www.pdfgratis.org/buscar.php>

Nucleon and particle physics simulations: the consortium for upper-level physics software" Bigelow et al., John Wiley 1995.

Reacciones Nucleares

Profesores:

Fechas: 12-16 de diciembre de 2016

Lugar: Sevilla

Obligatoria

Contenidos:

1 INTRODUCCIÓN

Fenomenología de las reacciones nucleares. Tipos de reacciones nucleares. Leyes de conservación. Magnitudes experimentales. Secciones eficaces. Espectro de energías. Función de excitación. Características cualitativas de las reacciones nucleares. Reacciones nucleares directas. Reacciones de núcleo compuesto.

2 REACCIONES DE NÚCLEO COMPUESTO

Fusión. Penetración de barrera. Modelo estadístico del núcleo compuesto.

3 TEORÍA CLÁSICA DE LA DISPERSIÓN.

Función de deflexión. Sección eficaz diferencial. Ejemplos.

4 TEORÍA CUÁNTICA DE LA DISPERSIÓN.

Ecuación de Schrodinger. Potenciales de corto alcance. Desarrollo en ondas parciales. Condiciones de contorno. Corrimiento de fase: Matriz S. Amplitud de dispersión. Secciones eficaces. Tratamiento del potencial coulombiano.

5 FENOMENOLOGÍA DE LA DISPERSIÓN

Potenciales nucleón-nucleon y núcleo-núcleo. Potencial nuclear fenomenológico. Potencial de convolución. Potencial imaginario. Potenciales de transición. Potenciales coulombianos. Potenciales deformados. Radio y momento angular en colisión rasante. Distribuciones Fresnel, Fraunhofer y otras. Matriz S. Fusión por debajo y por encima de la barrera. Sección eficaz de reacción.

6 DISPERSIÓN INELÁSTICA

El método de canales acoplados (CC). Condiciones de contorno y amplitud de dispersión. Aproximación de Born de onda plana (PWBA). Aproximación DWBA.

7 REACCIONES DE TRANSFERENCIA

Método de canales acoplados de reacción (CRC). Aproximación DWBA. Factores espectroscópicos. Fenomenología: dependencia con la energía de colisión, energía de ligadura, momento angular.

8. REACCIONES CON NÚCLEOS HALO

El método CDCC. Aproximación adiabática. Reacciones de transferencia con núcleos halo.

9. PRÁCTICAS: PROGRAMA DE CÁLCULO DE SECCIONES EFICACES

Datos de entrada y su conexión con el formalismo. Obtención de secciones eficaces clásica y cuánticamente. Análisis de los resultados.

Bibliografía:

[Sat] "Introduction to Nuclear Reactions", G.R. Satchler.

[Joa] "Quantum Collision Theory", C.J. Joachain

[F&L] "Theory of Nuclear Reactions", P. Frobrich y R. Lipperheide (Oxford Studies in Nuclear Physics)

[Sat2] "Direct Nuclear Reactions", G.R. Satchler.

[Fes] "Nuclear Reaction Theory", H. Feschbach.

[Bri] "Semiclassical Methods for Nucleus-Nucleus Scattering", D.M. Brink.

[Bro] "Heavy Ion Reactions", R. Broglia and A. Winther.

MÓDULO: Física Nuclear Aplicada

Créditos ECTS: 12

Carácter: Optativa

Unidad temporal: Anual

Materias y Asignaturas asociadas a este Módulo:

Física Nuclear Aplicada I

Física Nuclear Aplicada II

Requisitos previos

Requisitos previos recomendados: Haber cursado o estar cursando las asignaturas obligatorias de este Programa: Estructura Nuclear, Reacciones Nucleares y Física Nuclear Experimental.

Sistemas de evaluación

Criterio de evaluación específico para la asignatura

Asistencia y participación en el curso presencial, elaboración de ejercicios y prácticas planteados por los profesores, Informe del tutor.

Actividades formativas con su contenido en ECTS, su metodología de enseñanza y aprendizaje, y su

relación con las competencias que debe adquirir el estudiante

Objetivos:

Conocer las características y principales procesos de la interacción radiación-materia. Conocer los principales métodos nucleares de análisis y caracterización de materiales. Aprender las bases físicas de la radioterapia y algunas técnicas de imagen en física médica. Conocer los fundamentos de la generación de energía nuclear por fisión y por fusión.

Conocer la dinámica de una instalación profesional de Física Nuclear, sus aplicaciones y los principios básicos sobre radioprotección y la legislación sobre radiaciones ionizantes.

Familiarizarse con las técnicas de detección de radiación, dosimetría, los montajes más elementales y el tratamiento de datos correspondiente.

La docencia se organiza en tres fases: a) tutorías previas del estudiante con su tutor asignado (uno para cada estudiante del programa), b) clases magistrales de teoría o problemas, y prácticas en el laboratorio, concentradas en una semana para cada asignatura, incluyendo clases de resolución de los problemas y cuestiones planteadas durante las clases magistrales, en grupos reducidos. c) tutorías posteriores al curso con el tutor asignado para planificar los problemas y/o trabajos que el alumno debe elaborar y entregar. La docencia de las asignaturas será secuencial en el tiempo, es decir, las tres fases de una asignatura serán seguidas de las tres fases de la siguiente, etc. Se evitará el solape de la docencia de más de una asignatura. Esta asignatura tiene un gran componente experimental por lo que se realizará en gran parte en los laboratorios. Algunas de las prácticas serán: Análisis de una muestra medioambiental, Aplicación de la técnica PIXE para el análisis de muestras de interés arqueológico, Aplicación de la técnica RBS para el análisis y caracterización de materiales. Para el desarrollo profesional de estas prácticas contamos con las instalaciones de aceleradores de partículas en Sevilla (CNA) y Madrid (CMAM).

Actividades formativas con su contenido en horas del alumnado

Para el cálculo de los créditos ECTS se ha supuesto que 1 ECTS equivale a 25 horas de trabajo del estudiante, y que, en promedio, por cada hora presencial el alumno necesita 1.5 h de trabajo extra independiente para la asimilación de los conceptos, nomenclatura etc. más 0,5 h para la elaboración de las prácticas realizadas. Las horas presenciales por cada 6 ECTS serán 50 repartidas del siguiente modo: 10 horas con el tutor previas a la impartición del curso para preparar el material, 30 horas de clase durante el curso y 10 horas con el tutor posteriores al curso para resolver dudas y planificar los problemas y/o trabajos que debe elaborar el alumno. La materia Física Nuclear Aplicada podrá ser dividida en dos asignaturas cada una de 6 créditos, la ficha de cada una de ellas contempla 50 horas de trabajo presencial y 100 horas de trabajo autónoma como se detalla en la siguiente ficha. Para el total de la materia (12 ECTS) vale la misma ficha multiplicando por dos todas las horas.

TRABAJO PRESENCIAL EN EL AULA	HORAS	TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNADO	HORAS
Clases de pizarra en grupo grande	20	Estudio autónomo individual o en grupo	50
Tutorías individuales con el tutor, antes del curso	10	Escritura de ejercicios, conclusiones u otros trabajos	25

Contenidos:

Introducción a distintas aplicaciones de los métodos nucleares: análisis y caracterización de materiales, médicos y biológicos y energéticos y medioambientales. Los temas a tratar son:

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, Principios básicos de dosimetría y radioprotección, Datación con radionúclidos, Espectrometría de masas con aceleradores de partículas, Técnicas nucleares de análisis, Energía nuclear: fusión y fisión. También incluirá una introducción a la legislación sobre radiaciones ionizantes.

Esta materia también tiene un gran componente experimental. Entre las prácticas que harán los alumnos están: Análisis de una muestra medioambiental, Aplicación de la técnica PIXE para el análisis de muestras de interés arqueológico, Aplicación de la técnica RBS para el análisis y caracterización de materiales. Para el desarrollo profesional de estas prácticas contamos con las instalaciones de aceleradores de partículas en Sevilla (CNA) y Madrid (CMAM).

Descripción de las competencias:

G1: Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas nuevos en contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con la Física Nuclear.

G2: Ser capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

G5: Fomentar el espíritu emprendedor.

G6: Fomentar y garantizar el respeto a los Derechos Humanos y a los principios de accesibilidad universal, igualdad, no discriminación, y los valores democráticos y de la cultura de la paz.

G7: Conocer la influencia de los procesos nucleares sobre el entorno medioambiental y conocer las consideraciones éticas derivadas.

E1: Capacidad para el estudio e investigación en temas abiertos en la frontera del conocimiento en los campos de la Física Nuclear, tanto teórica como experimental, y sus aplicaciones tecnológicas y médicas.

E2: Poseer una visión global del conocimiento actual de los procesos de generación de materia y energía en el Universo, de la exploración del Universo usando partículas y radiación de alta energía, de la descripción de la estructura de los núcleos atómicos y de sus interacciones y de la conexión de éstos con estructuras más fundamentales.

E3 Capacidad para el uso de las principales herramientas y métodos de computación y programación utilizadas en la actualidad en los experimentos de Física Nuclear, y para el manejo de las técnicas experimentales que son de uso generalizado tanto en física medioambiental como en medicina, en el ámbito diagnóstico y terapéutico de las radiaciones ionizantes.

Física Nuclear Aplicada I (Materiales y Medioambiente)

Fechas: 23-27 de enero de 2017

Lugar: Sevilla

Optativa

Contenidos:

Programa Teórico

1. UTILIZACIÓN DE ACELERADORES DE PARTÍCULAS PARA LA INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR.
2. Fluorescencia de rayos X y sus aplicaciones.
3. Análisis de materiales mediante reacciones nucleares.
4. Retrodispersión Rutherford y sus aplicaciones.
5. ERDA y sus aplicaciones.
6. Canalización iónica.
7. Emisión de rayos X inducida por protones y sus aplicaciones.
8. Programas de cálculo para técnicas de análisis basadas en haces de iones.
9. Fechado mediante isótopos radiactivos.
10. Espectrometría de masas con aceleradores.

Prácticas de Laboratorio

1. ANÁLISIS MEDIANTE XRF DE MUESTRAS DE INTERÉS PARA EL PATRIMONIO CULTURAL.
2. ANÁLISIS MEDIANTE TÉCNICAS IBA DE MUESTRA DE INTERÉS TECNOLÓGICO O MEDIOAMBIENTAL.

Visitas a instalaciones

1. Centro Nacional de Aceleradores (CNA)
2. Centro de Investigación, Tecnología e Innovación de la Universidad de Sevilla (CITIUS)

Bibliografía:

[Sat] "Introduction to Nuclear Reactions", G.R. Satchler.

[Joa] "Quantum Collision Theory", C.J. Joachain

[F&L] "Theory of Nuclear Reactions", P. Frobrich y R. Lipperheide (Oxford Studies in Nuclear Physics)

[Sat2] "Direct Nuclear Reactions", G.R. Satchler.

[Fes] "Nuclear Reaction Theory", H. Feschbach.

[Bri] "Semiclassical Methods for Nucleus-Nucleus Scattering", D.M. Brink.

[Bro] "Heavy Ion Reactions", R. Broglia and A. Winther.

Física Nuclear Aplicada II (Energía, Aplicaciones Biomédicas)

Fechas: 20-24 de febrero de 2017

Lugar: Madrid

Optativa

Contenidos:

Parte I: Tecnología nuclear y energía

1) Las reacciones nucleares como fuente de energía

Fusión termonuclear

Fisión nuclear

2) Energía Nuclear

Perspectivas sobre la energía nuclear de fusión: fusión por confinamiento magnético y fusión inercial.

Energía nuclear de fisión

Tipos de centrales nucleares en operación

Ciclo de combustible nuclear

Residuos radiactivos

3) Neutrónica y cinética de reactores

Neutrónica y cinética de reactores

Procesos físicos en un reactor nuclear de fisión: fisión, absorción y moderación

Ecuación de transporte

Ecuación de difusión

Cinética de reactores

Control de reactores

4) Actividades de I+D en energía nuclear de fisión

Separación y transmutación

Reactores de Generación IV

¿Algo aquí de reactores miniatura?

Sistemas subcríticos asistidos por acelerador

Datos nucleares: experimentos tipo e instalaciones.

Parte II. Aplicaciones en Medicina

- 5) Física de la radiación
 - Principios de radiobiología
 - Efectos biológicos de la radiación
- 6) Protección Radiológica
 - Instrumentación para radioterapia
 - Aceleradores lineales
 - Ciclotrones
 - Sincro-ciclotrones
- 7) Principios de radioterapia
 - Braquiterapia
 - Teleterapia
- 8) Imagen médica
 - Rayos X. MRI
 - Imagen nuclear
 - Radiofármacos
 - Imagen planar
 - Imagen funcional e imagen molecular.
- 9) Tomografía computerizada
 - Equipamiento para CT, PET y SPECT
 - Técnicas de reconstrucción de imagen
 - Tomografía con trazadores radioactivos.

Parte III. Prácticas

- i) Determinación de la masa crítica para diferentes tipos de materiales y configuraciones geométricas mediante métodos MC
- ii) Simulación MC de un detector para PET o SPECT
- iii) Introducción a los programas de cálculo de dosis en radioterapia
- iv) Reconstrucción de imagen tomográfica

Bibliografía básica

Ingeniería de Reactores Nucleares. Samuel Glasstone y Alexander Sesonske. Ed. Reverté. 1968

Nuclear Reactor Physics. Weston M. Stacey. 2007 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.

ISBN 978-3-527-40679-1

Radiation detection and measurement. Glenn F. Knoll. John Wiley & Sons LTD (2ª),

ISBN 978-0-471-07338-3

World Energy Outlook 2008, International Energy Agency, ISBN 978-92-64-04560-6.

The elements of neutron interaction theory. Anthony Foderaro. MIT Press Classic. ISBN 0-262-56160-3

Farr's Physics for Medical Imaging. Penelope J. Allisy-Roberts, Jerry Williams, Saunders Ltd.; 2 edition (25 Oct 2007), ISBN-10: 0702028444, ISBN-13: 978-0702028441

Walter & Miller's textbook of radiotherapy. C. K. Bomford, I. H. Kunkler, Churchill Livingstone eds., 6 edition (1 Oct 2002), ISBN-10: 0443062013, ISBN-13: 978-0443062018.

MÓDULO: Complemento

Créditos ECTS: 24

Carácter: Optativa

Unidad temporal: Anual

Materias y Asignaturas asociadas a este Módulo:

Física Hadrónica

Astrofísica Nuclear

Mecánica Cuántica Avanzada

Requisitos previos

Requisitos previos recomendados: Haber cursado o estar cursando las asignaturas obligatorias de este Máster.

Sistemas de evaluación

Criterio de evaluación específico para la asignatura: Asistencia y participación en el curso presencial, elaboración de ejercicios y problemas planteados por los profesores, Informe del tutor.

Actividades formativas con su contenido en ECTS, su metodología de enseñanza y aprendizaje, y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante:

Objetivos:

Conocer los métodos avanzados en Física hadrónica, para acercarse a la descripción de los distintos aspectos de la multiproducción hadrónica en colisiones hadrón-núcleo y núcleo-núcleo a grandes energías. Se adquirirán los conocimientos básicos sobre la estructura de los hadrones. Los temas a tratar son: Formalismo y conceptos básicos. Hadrones y sus constituyentes. Interacciones entre hadrones. Aplicaciones a sistemas nucleares. Instalaciones relevantes en la física de hadrones.

Adquirir una visión global del conocimiento que se tiene actualmente sobre los procesos de generación de materia y energía en el Universo y que a su vez son responsables de las distintas fases de la evolución estelar. En particular se estudiarán las principales reacciones termonucleares responsables de los procesos de nucleosíntesis primordial y estelar, así como el papel de la ecuación de estado de la materia nuclear en la evolución de los cuerpos estelares.

Familiarizar al alumno con la fenomenología de la interacción débil y que comprenda el modelo estandar de la interacción electrodébil siendo capaz de calcular cualquier tipo de proceso débil a nivel árbol. Introducir al alumno en los conceptos básicos de la Mecánica Cuántica Relativista.

Indicación metodológica específica para cada materia: La docencia se organiza en tres fases:

- a) tutorías previas del estudiante con su tutor asignado (uno para cada estudiante del programa),
- b) clases magistrales de teoría o problemas, y prácticas en el laboratorio, concentradas en una semana para cada asignatura, incluyendo clases de resolución de los problemas y cuestiones planteadas durante las clases magistrales, en grupos reducidos.
- c) tutorías posteriores al curso con el tutor asignado para planificar los problemas y/o trabajos que el alumno debe elaborar y entregar.

La docencia de las asignaturas será secuencial en el tiempo, es decir, las tres fases de una asignatura serán seguidas de las tres fases de la siguiente, etc. Se evitará el solape de la docencia de más de una asignatura.

Actividades formativas con su contenido en horas del alumnado

Para el cálculo de los créditos ECTS se ha supuesto que 1 ECTS equivale a 25 horas de trabajo del

estudiante, y que, en promedio, por cada hora presencial el alumno necesita 1.5 h de trabajo extra independiente para la asimilación de los conceptos, nomenclatura etc. más 0,5 h para la resolución de problemas y ejercicios propuestos. Este módulo lo componen cuatro materias de seis créditos cada una. El reparto de las horas será idéntico en cada una de ellas y será el siguiente: Las horas presenciales serán 50 repartidas del siguiente modo: 10 horas con el tutor previas a la impartición del curso para preparar el material, 30 horas de clase durante el curso (20 expositivas y 10 tutoriales) y 10 horas con el tutor posteriores al curso para resolver dudas y planificar los problemas y/o trabajos que debe elaborar el alumno.

A continuación damos la ficha para cada materia (6 ECTS) de este módulo que contempla 50 horas de trabajo presencial y 100 horas de trabajo autónomo por parte del alumno. El reparto total de horas en el módulo completo será el que se recoge en la tabla siguiente multiplicado por cuatro materias que componen el módulo.

TRABAJO PRESENCIAL EN EL AULA	HORAS	TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNADO	HORAS
Clases de pizarra en grupo grande	20	Estudio autónomo individual o en grupo	75
Tutorías individuales con el tutor, antes del curso	10	Escritura de ejercicios, conclusiones u otros trabajos	25

Contenidos:

Interacciones hadrónicas a alta energía: cinemática, teoría de Regge-Gribov. Colisiones hadrón-núcleo y núcleo-núcleo: teoría de Glauber-Gribov. Dispersión profundamente inelástica: model de partones, Cromodinámica Cuántica, distribuciones partónicas en nucleones y en núcleos, jets. Modelos de producción múltiple: modelo dual de partones, generadores Monte Carlo.

Introducir los conceptos fundamentales de Astrofísica nuclear. Los temas a tratar son:

- Conceptos generales de astrofísica. Nucleosíntesis y evolución estelar. Ecuación de estado de la materia nuclear. Estrellas de neutrones.
- Desintegración beta nuclear: teoría de Fermi. Violación de la paridad en la desintegración beta.
- Desintegración débil de partículas extrañas: teoría de Cabbibo. Teoría gauge de la interacción débil. Rotura espontánea de simetría. El modelo estándar. Oscilaciones de neutrinos.
- Ecuaciones relativistas para partículas de espín cero. Propagadores. Partículas de espín 1. Ecuación de onda para partículas de espín 1/2. Ecuación de onda para estados ligados de dos partículas.

Descripción de las competencias

G1: Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas nuevos en contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con la Física Nuclear.

G2: Ser capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

G3: Saber comunicar sus conclusiones (y los conocimientos y razones últimas que las sustentan) en el campo de la Física Nuclear y aplicaciones a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

G4: Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando en el campo de la Física Nuclear de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

G5: Fomentar el espíritu emprendedor.

G7: Conocer la influencia de los procesos nucleares sobre el entorno medioambiental y conocer las consideraciones éticas derivadas.

E1: Capacidad para el estudio e investigación en temas abiertos en la frontera del conocimiento en los campos de la Física Nuclear, tanto teórica como experimental, y sus aplicaciones tecnológicas y médicas.

E2: Poseer una visión global del conocimiento actual de los procesos de generación de materia y energía en el Universo, de la exploración del Universo usando partículas y radiación de alta energía, de la descripción de la estructura de los núcleos atómicos y de sus interacciones y de la conexión de éstos con estructuras más fundamentales.

E3 Capacidad para el uso de las principales herramientas y métodos de computación y programación utilizadas en la actualidad en los experimentos de Física Nuclear, y para el manejo de las técnicas experimentales que son de uso generalizado tanto en física medioambiental como en medicina, en el ámbito

diagnóstico y terapéutico de las radiaciones ionizantes.

E4: Capacidad para desarrollar el trabajo de investigación científica en el marco o formando parte de grandes colaboraciones internacionales en el que se combinan labores tanto teóricas como experimentales y tecnológicas.

Física Hadrónica

Fechas: 13-17 de marzo de 2017

Lugar: Barcelona

Optativa

Contenidos

1. Leptones y quarks. Hadrones: bariones y mesones. Interacciones elementales. Introducción a las teorías de gauge: simetrías y leyes de conservación.
2. Ecuaciones de Klein-Gordon y Dirac.
3. Colisiones relativistas y diagramas de Feynman.
4. Ejemplos (cálculo de amplitudes de colisión y secciones eficaces).
5. Espectroscopía hadrónica. Modelo de quark. Status actual. Instalaciones.
6. Dispersión inelástica de electrones. Partones. Quark-gluon plasma.
7. Fenomenología de la interacción n-n. Modelo de intercambio de mesones.
8. Introducción a las teorías efectivas. Lagrangianos quirales.
9. Interacción mesón-mesón y mesón-barión.
10. Interacción barión-barión.
11. Ecuación de Bethe-Goldstone: interacción en el medio nuclear.
12. Hadrones en materia nuclear.
13. Física de kaones.
14. Hipernúcleos.
15. Física del Charm.

Bibliografía básica

- [MS] "Quantum Field Theory", F. Mandl y G. Shaw, Wiley and Sons Ltd, 1984.
- [B] "Models of the nucleon: from quarks to solitons", R.K. Bhaduri, Addison- Wesley, 1988.
- [HM] "Quarks and Leptons: an introductory course in modern particle physics", F. Halzen and A.D. Martin, Wiley and Sons Ltd., 1984.
- [EW] "Pions and Nuclei", T.E.O. Ericson, W. Weise. Oxford-Clarendon Press, 1988.
- [S] "Electroweak and Strong Interactions", F. Scheck.
- [W] "Theoretical Nuclear and Subnuclear Physics", J.D. Walecka. Oxford University Press, 1995.
- [AH] "Gauge theories in Particle Physics", I.J.R. Aitchison and A.J.G. Hey
- [FS] "Introduction to the Quark Model of Elementary Particles", D. Flamm and F. Schöberl. Gordon and Breach, Science Publishers Inc. 1982.
- [FW] "Quantum Theory of Many Particle Systems", A.L. Fetter y J.D. Walecka, Dover, 2003.
- [Ma] "A Guide to Feynman Diagrams in the Many Body Problem", R.D. Mattuck (Dover, New York, 1992), Second Edition.
- [M] "The Meson theory of nuclear forces and nuclear structure", R. Machleidt, Adv. Nucl. Phys. 19 (1989) 189-376.
- [BMZ] "Production, structure and decay of hypernuclei", H. Bando, T. Motoba, J. Zofka, Int. J. Mod. Phys. A5 (1990) 4021-4198.

Astrofísica Nuclear

Fechas: 20-24 de marzo 2017

Lugar: Barcelona

Optativa

Contenidos

- A.1. Breve historia del Universo. Ciclo vital de las estrellas. Equilibrio hidrostático.
- A.2. Formación de estrellas. El Sol: densidad, presión y temperatura. Diagrama de Hertzsprung-Russell.
- A.3. Nucleosíntesis primordial.
- A.4. Nucleosíntesis estelar.
- A.5. Nucleosíntesis explosiva supernova.
- B.1. Ecuación de estado de un gas ideal: electrones y fotones.
- B.2. Ecuación de estado de la materia nuclear simétrica, asimétrica y neutrónica.
- B.3. Modelos fenomenológicos de la materia nuclear (I): interacciones de Skyrme.
- B.4. Modelos fenomenológicos de la materia nuclear (II): interacciones relativistas.
- B.5. Ecuación de estado de la materia beta-estable.
- C.1. Enanas blancas. Masa y tamaño.
- C.2. Estrellas de neutrones (I): masa y tamaño.
- C.3. Estrellas de neutrones (II): composición.
- C.4. Aplicaciones numéricas (I): ecuación de estado.
- C.5. Aplicaciones numéricas (II): estrellas de neutrones.

Bibliografía

- "The Physics of Stars", A. C. Phillips, John Wiley & Sons, 2004.
- "Particle Astrophysics", D. H. Perkins, Oxford University Press, 2003.
- "Fundamentals in Nuclear Physics: from Nuclear Structure to Cosmology", J. L. Basdevant, J. Rich, M. Spiro, Springer, 2004.
- "Introductory Nuclear Physics", P. E. Hodgson, E. Gadioli, E. Gadioli Erba, Oxford University Press, 2003.

Mecánica Cuántica Avanzada

Fechas: 24-28 de octubre de 2016

Lugar: Salamanca

Optativa

Contenidos

- 1. Transformaciones espacio-temporales: el grupo de Poincare
- 2. Ecuaciones relativistas
- 3. Colisiones relativistas: Reglas de Feynman.

Bibliografía

"Advanced Quantum Theory", M. D. Scadron, Ed. Springer Verlag.

