FICHA IDENTIFICATIVA

Datos de la Asignatura

Código	34274
Nombre	Instrumentación Nuclear y de Partículas
Ciclo	Grado
Créditos ECTS	4.5
Curso académico	2024 - 2025

Titulación(es)

Titulación	Centro	Curso	Periodo
1105 - Grado en Física	Facultad de Física	4	Segundo cuatrimestre

Materias

Titulación	Materia	Carácter
1105 - Grado en Física	16 - Complementos de Física	Optativa

Coordinación

Nombre	Departamento
CASTILLO GIMENEZ, M VICTORIA	180 - Física Atómica, Molecular y Nuclear

RESUMEN

La Instrumentación Nuclear y de Partículas es una asignatura de carácter optativo que se imparte en el segundo cuatrimestre de cuarto curso de los estudios del Grado en Física. Consta de un total de 4,5 créditos ECTS, de los cuales 1,5 son teóricos y 3 son de laboratorio. Esta asignatura forma parte de la materia Complementos de Física y permitirá al graduado/a adquirir conocimientos básicos sobre las principales técnicas de detección y análisis de datos en Física Nuclear y de Partículas.

La asignatura va dirigida a aquellos estudiantes que deseen dedicarse a la Física Nuclear y de Partículas a través de su vertiente experimental. Se debe resaltar también la importancia de la asignatura en la formación de buenos profesionales en campos como la detección de la radiación, las técnicas nucleares, y las medidas de dosis por las muchas aplicaciones tecnológicas en las que la Física Nuclear y las radiaciones inciden, como por ejemplo: la medicina (formación de radiofísicos hospitalarios), las centrales nucleares, etc. Los estudiantes interesados en tener un primer contacto conceptual y práctico con la radiación, sus métodos de medida e instrumentación propia, tienen la oportunidad de hacerlo en esta asignatura y en particular en su laboratorio.

La detección y medida de cualquier tipo de radiación (fotones, neutrones, partículas cargadas, iones pesados, etc.) requiere, en primer lugar, de un conocimiento básico de los procesos fundamentales que tienen lugar cuando la radiación atraviesa la materia. Estos procesos son la base de todos los sistemas de detección de partículas y al mismo tiempo determinan cuál ha de ser el detector idóneo en cada caso, así como su sensibilidad y eficiencia. En la asignatura se estudian de forma minuciosa diferentes técnicas y tipos de detectores. Asimismo, se explican en las clases teóricas y se manejan en el laboratorio los módulos electrónicos necesarios para la conformación, transporte y análisis de los pulsos eléctricos generados en los detectores. Una parte importante de la asignatura está dedicada a la adquisición y análisis de datos, y a la obtención de resultados experimentales.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Relación con otras asignaturas de la misma titulación

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

Otros tipos de requisitos

Los conocimientos mínimos que los alumnos han adquirido previamente y que son necesarios para el desarrollo de la asignatura son los siguientes:

- Tratamiento estadístico de datos, propagación de errores y métodos de cálculo numérico, orientados a la física (curso de "Métodos Estadísticos y Numéricos" y laboratorios de los tres primeros cursos del Grado).
- Técnicas Informáticas.
- Electromagnetismo.
- Física Cuántica y Mecánica Cuántica.
- Física Nuclear y de Partículas, incluyendo el laboratorio.

COMPETENCIAS (RD 1393/2007) // RESULTADOS DEL APRENDIZAJE (RD 822/2021)

1105 - Grado en Física

- Poseer y comprender los fundamentos de la Física en sus aspectos teóricos y experimentales, así como el bagaje matemático necesario para su formulación.
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la actividad profesional, saber resolver problemas y elaborar y defender argumentos, apoyándose en dichos conocimientos.
- Ser capaz de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios.
- Resolución de problemas: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una percepción de las situaciones que son físicamente diferentes pero que muestran analogías, permitiendo, por lo tanto, el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.

- Modelización y resolución de problemas: Ser capaz de identificar los elementos esenciales de un proceso/situación y de establecer un modelo de trabajo del mismo. Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable. Pensamiento crítico para construir modelos físicos.
- Cultura General en Física: Haberse familiarizado con las áreas más importantes de la Física y con enfoques que abarcan y relacionan diferentes áreas de la Física, así como relaciones de la Física con otras ciencias.
- Investigación básica y aplicada: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación Física, de las formas en que se lleva a cabo, y de cómo la investigación en Física es aplicable a muchos campos diferentes, por ejemplo la ingeniería; habilidad para diseñar procedimientos experimentales y/o teóricos para: (i) resolver los problemas corrientes en la investigación académica o industrial; (ii) mejorar los resultados existentes
- Destrezas generales y específicas en lenguas extranjeras: Haber mejorado el dominio del inglés (o de otra lengua extranjera de interés) a través de: acceso a bibliografía fundamental, comunicación oral y escrita (inglés científico-técnico), cursos, estudios en el extranjero, reconocimiento de créditos en universidades extranjeras etc.
- Búsqueda de bibliografía: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
- Capacidad de aprendizaje: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos de la Física y de la ciencia y tecnología en general, a través del estudio independiente.
- Comunicación oral y escrita: Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones mediante la argumentación y el razonamiento propios de la actividad científica, utilizando los conceptos y herramientas básicas de la Física.
- Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (RD 1393/2007) // SIN CONTENIDO (RD 822/2021)

DESTREZAS

- Conocer los procesos, técnicas, detectores e instrumentos de medida en el campo de la Física Nuclear, Espectroscopía y Física de Partículas.

- Aprender a plantear y llevar a cabo un experimento.

- Aplicar el método científico en la resolución de trabajos experimentales.

- Interpretar las medidas obtenidas en el laboratorio y efectuar los análisis pertinentes para la obtención de los resultados finales y las magnitudes físicas que se pretende obtener.

- Expresar las magnitudes físicas de forma correcta y evaluar sus errores. Distinguir entre errores sistemáticos y errores aleatorios e instrumentales. Aplicar la propagación de errores y determinar la precisión de los resultados obtenidos.

- Ajustar distribuciones estadísticas y de probabilidad a los datos experimentales. Extraer magnitudes físicas de los parámetros obtenidos en los ajustes. Aplicar criterios sobre la bondad de los datos y ajustes obtenidos.

- Elaborar una memoria relativa al proceso de medida, el análisis de los datos y la interpretación de los resultados.

- Utilizar con soltura aplicaciones y equipos informáticos para el tratamiento y análisis de los datos, así como para la presentación de los resultados y memorias.

HABILIDADES SOCIALES O TRANSVERSALES

Las propias de la Titulación de Física:

- Desarrollar la capacidad de razonamiento crítico y la aplicación del método científico.

- Ser capaz de identificar problemas, incluyendo las semejanzas con otros cuya solución es conocida, e idear estrategias para su solución.

- Desarrollar la capacidad de planificar y organizar el propio aprendizaje, basándose en el trabajo individual, a partir de la bibliografía y otras fuentes de información.

- Evaluar las diferentes causas de un fenómeno y su importancia relativa.

- Identificar los elementos esenciales de una situación compleja, realizar las aproximaciones necesarias para construir modelos simplificados que lo describan y poder así entender su comportamiento en otras situaciones.

- Ser capaz de efectuar una puesta al día de la información existente sobre un problema concreto,

ordenarla y analizarla críticamente.

- Fomentar la capacidad para trabajar en equipo a la hora de abordar problemas complejos que requieren colaboración con otras personas.

- Potenciar la adquisición de recursos de expresión oral y escrita para llevar a cabo una argumentación científica clara y coherente.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN

Tema 1. Introducción
Conceptos básicos: sección eficaz, recorrido libre medio, longitud reducida. Pérdida de energía de las partículas en colisiones atómicas: Fórmula de Bethe-Bloch. Alcance. Pérdida de energía de electrones y positrones: energía crítica y longitud de radiación. Interacción de los fotones. Formación de la cascada electromagnética. La interacción de los neutrones.

2. DETECTORES BÁSICOS

Tema 2. Características generales de los detectores
Sensibilidad. Respuesta del detector. Resolución energética. Función respuesta: desconvolución de los espectros. Eficiencia. Tiempo muerto.

Tema 3. Detectores gaseosos de ionización
Principio básico. Difusión y deriva de electrones e iones. Formación de la avalancha y factor de multiplicación. Cámara de ionización. Detector proporcional. Cámara de multihilos (MWPC). Cámara de deriva. Cámara de proyección temporal (TPC). Ejemplos.

Tema 4. Detectores de centelleo
Características generales. Centelleadores orgánicos e inorgánicos. Respuesta luminosa y linealidad. Eficiencia intrínseca para radiaciones. Elementos básicos de un tubo fotomultiplicador (PM). Parámetros de operación: tensión de alimentación y ganancia. Linealidad. Corriente oscura. Factores externos. Acoplamiento centelleador-PM. Ejemplos.

Tema 5. Detectores de semiconducción
Propiedades básicas de los semiconductores. Semiconductores dopados. La unión p-n: formación de la región de desertización. Detectores de barrera superficial.

3. ELECTRÓNICA NUCLEAR

Tema 6. Señales eléctricas en Física Nuclear
Terminología. Señales analógicas y digitales. Señales rápidas y lentas. Dominio de frecuencias. Ancho de banda.

Tema 7. Electrónica para el procesado de señales
El estándar NIM. Transmisión de señales mediante cables coaxiales. Impedancia característica del cable coaxial. Reflexión de la señal y ajuste de impedancias. Preamplificadores. Amplificadores. Filtros de pulsos: circuitos CR y RC. Redes conformadoras en amplificadores: circuitos CR-RC y CR-RC-CR. Módulos de Electrónica Nuclear: generadores de pulsos, puertas lineales, líneas de retrasos, discriminadores, conversores analógico-digital (ADC), conversores tiempo-amplitud (TAC), unidades de coincidencias, generadores de puertas y retrasos.

Tema 8. Técnicas de medida en Instrumentación Nuclear
Puertas lógicas. Selección de altura de pulsos y sistemas de recuento. Técnicas de coincidencias. Ajuste de retrasos. Coincidencias accidentales. Ejemplos de "triggers". Métodos de medida de intervalos temporales.

4. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Bloque 1. Detectores de centelleo y fotomultiplicadores

-Estudio del efecto Compton.
Verificación de la ley de Compton. Constante de Compton. Medida de la sección eficaz diferencial en función del ángulo (fórmula de Klein-Nishina). Medida de la energía del electrón de retroceso.

-Coincidencias gamma-gamma y correlaciones angulares.
Estudio de correlaciones de la radiación gamma: angular y temporal. Técnicas de coincidencias: módulo de coincidencias, coincidencia retrasada (TAC), la técnica de la puerta lineal. Efectos del tamaño del detector. Medida de vidas medias de estados nucleares.

-Estudio de la radiación cósmica y determinación de la vida media del muón.
Dependencia angular del flujo de rayos cósmicos. Componente dura y blanda de la radiación. Medidas temporales: determinación de la vida media del muón.

Bloque 2. Detectores gaseosos de ionización y detectores de semiconducción

-Espectroscopía de Rayos-X mediante un contador proporcional.
Características físicas de la emisión de rayos-X. Ley de Moseley. Fluorescencia de rayos-X. Interpretación de los espectros. Identificación de materiales.

-Espectroscopía beta mediante un detector de Silicio.
Desintegración beta nuclear. Electrones de conversión interna. La función respuesta. Desconvolución

de los espectros. Tratamiento de la señal y del fondo. Plots de Kurie. Coeficientes de conversión interna. Masa de núclidos.

-Espectroscopía alfa mediante un detector de Silicio.
Desintegración alfa nuclear. Pérdida de energía de partículas alfa: cobre, níquel y aire. Poder de frenado. Curva alcance-energía. Distribución de Landau. Convolución con la función respuesta del detector.

VOLUMEN DE TRABAJO

ACTIVIDAD	Horas	% Presencial
Prácticas en laboratorio	30,00	100
Clases de teoría	15,00	100
Asistencia a eventos y actividades externas	1,50	0
Elaboración de trabajos en grupo	20,00	0
Estudio y trabajo autónomo	8,00	0
Lecturas de material complementario	5,00	0
Preparación de actividades de evaluación	20,00	0
Preparación de clases de teoría	5,00	0
Preparación de clases prácticas y de problemas	8,00	0
TOTAL	**112,50**	

METODOLOGÍA DOCENTE

La asignatura tiene dos partes con una metodología bien diferenciada: 1) Teoría y problemas (clases de pizarra) y 2) Laboratorio, donde se aprenden a manejar los sistemas de detección, tratamiento de datos y técnicas informáticas. El desarrollo de las clases es el siguiente:

1. **Teoría y cuestiones de carácter práctico**. Los créditos de teoría y cuestiones prácticas se estructuran en clases de una hora, un total de 15 clases a razón de dos o tres clases por semana al inicio del octavo cuatrimestre. La metodología de trabajo se puede clasificar en los siguientes apartados:
    1. **Temas de teoría**. Las lecciones o temas propiamente dichos serán explicados por el profesor según el modelo de lección magistral. Cada tema contiene los conceptos y explicaciones necesarias para la posterior resolución de problemas y para ser aplicados en la parte de laboratorio. El uso de las nuevas tecnologías (presentaciones electrónicas) es especialmente apropiado para esta asignatura, dado el elevado contenido de esquemas, tablas, gráficos presentando resultados experimentales y/o comparaciones con las predicciones teóricas, diagramas, fotografías de dispositivos experimentales y aplicaciones prácticas, y todo tipo de material visual que permita al alumno relacionar los contenidos con sus aplicaciones. Estas presentaciones pueden ser utilizadas como apuntes del profesor, pero de ninguna manera el trabajo individual del alumno debe restringirse a ellos. El uso de la bibliografía resulta

fundamental para comprender los contenidos y alcanzar los objetivos de la asignatura. Los estudiantes tendrán acceso, con antelación al inicio de cada tema, a las diapositivas del profesor a través del Aula Virtual (http://aulavirtual.uv.es/).

2. **Resolución de problemas y cuestiones prácticas**. Esta parte tiene una doble vertiente, contempla fundamentalmente el estudio individual y la participación de los estudiantes en clase. Los estudiantes disponen de una colección de problemas que deben resolver y exponer (al menos aquellos más significativos) a sus compañeros. Los alumnos pueden plantear ejercicios que consideren interesantes y que no formen parte de la colección.

2. **Prácticas de laboratorio**. Las prácticas de laboratorio son la mejor herramienta docente para complementar e ilustrar los contenidos de la asignatura discutidos en las clases teórico-prácticas y al mismo tiempo familiarizar a los alumnos con equipos y técnicas de medida, así como instruirlos en el método científico. Las prácticas se realizarán en 10 sesiones de 3 horas, a razón de dos sesiones por semana, una vez hayan finalizado las clases de teoría, es decir en las semanas 9 a 13 del cuatrimestre. Los alumnos, en grupos de dos o tres, realizarán dos prácticas completas (una de cada bloque), desde su montaje inicial hasta obtener todos los resultados e información que de ellas se pueda extraer, pasando por la calibración y determinación de las eficiencias de los instrumentos, la adquisición de datos y su análisis, ajustes de las distribuciones, análisis exhaustivo de los errores y obtención de resultados. Todo ello debe quedar plasmado en la memoria que de las prácticas se debe presentar.
   Los alumnos dispondrán, con la antelación suficiente, de un manual de prácticas que les servirá de guía para la realización de los experimentos. El profesor supervisará la comprensión de dicho guión y orientará a los estudiantes sobre aquellos aspectos conceptuales o técnicos necesarios para realizar correctamente el montaje, adquisición y análisis de datos. Cada alumno deberá tener una libreta de laboratorio en la que quedará reflejada toda la información correspondiente al trabajo realizado. La asistencia a las clases de laboratorio es obligatoria y la presentación de las memorias es condición necesaria para superar la asignatura.

EVALUACIÓN

La evaluación de los conocimientos adquiridos por el estudiante será en base a:

1. **Examen escrito.** El examen es obligatorio y constituirá el 20% de la nota final. El examen constará de: test de 10 preguntas (en cada pregunta una opción correcta frente a tres falsas) y un conjunto de cuestiones cortas de carácter teórico-práctico. El valor del test y de cada una de las cuestiones se especificará en el propio examen. Para la realización del examen no se permitirá el uso de libros ni apuntes. Se requerirá una nota mínima de 4/10 para promediar con el resto de calificaciones, en caso contrario la asignatura no estará aprobada.
2. **Trabajo personal teórico-práctico.** Constituirá el 20% de la nota final. Se propondrán a través de Aula Virtual una serie de cuestionarios y problemas relacionados con los contenidos de la asignatura. Los alumnos deberán entregar las resoluciones conforme vaya avanzando el temario de teoría. No se estipula nota mínima en este apartado para promediar con el resto de calificaciones.
3. **Prácticas de Laboratorio.** Constituirá el 60% de la nota final. La asistencia a las sesinones de prácticas es obligatoria. Las prácticas se realizarán preferentemente por parejas. Los créditos de laboratorio se evaluarán mediante el seguimiento del trabajo desarrollado en el propio laboratorio y la entrega de los correspondientes informes, en formato memoria y/o póster. Los informes de las

prácticas deberán incluir: breve introducción, fundamento teórico, instrumental utilizado, metodología, tratamiento de los datos (tablas, errores, gráficas, ajustes, etc.), resultados, conclusiones y bibliografía. Los informes se entregarán como máximo el día del examen de teoría de la correspondiente convocatoria. Se requerirá una nota mínima de 5/10 para promediar con el resto de calificaciones, en caso contrario la asignatura no estará aprobada.

4. La calificación final ha de ser igual o superior a 5/10 para superar la asignatura.

REFERENCIAS

Básicas

- W.R. Leo. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments. Springer-Verlag, 1987, Segunda edición 1994.
  G.F. Knoll. Radiation Detection and Measurement. John Wiley and Sons, 1979. Segunda Edición 1989.
  N. Tsoulfanidis. Measurement and Detection of Radiation. Hemisphere Publishing Corporation. 1983.
-
  Bibliografía del laboratorio:
  M.V. Castillo, E. Higón. Manual de Prácticas de Instrumentación Nuclear (incluye bibliografía específica de cada práctica)
  Manuales de operación de los distintos módulos y detectores.
  Photomultiplier Tube. Pinciple to Aplication. Editado por Hamamatsu, 1994.
  J.F. Ziegler. Helium. Stopping Powers and Ranges in All Elemental Matter. Vol 4 of The Sttoping and Ranges of Ions in Matter. Pergamon Press, 1977.

Complementarias

- R.C. Fernow. Introduction to Experimental Particle Physics. Cambridge University Press, 1992.
  W.F. Horniak. Nuclear Structure. Academic Press. 1975.
  D.H. Perkins. Introduction to High Energy Physics. Addison-Wesley, 1987.
  D. Green. The Physics of Particle Detectors. Ed. Cambridge University Press, 2000.
  Instrumentation in Elementary Particle Physics. VIII ICFA School, Istambul (Turkey) 1999.
  Experimental Techniques in High-Energy Nuclear and Particle Physics. Editado por Thomas Ferbel. World Scientific. 1987, Reprinted 1999.
  R. Guardiola, E. Higón, J. Ros. Mètodes Numèrics per a la Física. Ed. Universitat de València, 1995.
  L. Lyons. Statistics for Nuclear and Particle Physicits. Ed. Cambridge University Press.1989.
  A.G. Frodesen, O. Skjeggestad and H. Tofte. Probability and statistics in particle physics. Ed. Universitetsforlaget, 1979.
  Ph.D. Bevington. Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. Mc Graw Hill Book Co. 1969, 1995.

- CERN (European Laboratory for Particle Physics), http://www.cern.ch/
  Fermilab (Fermi National Laboratory), http://www.d0.fnal.gov/
  SLAC (Stanford Linear Accelerator Center), http://www.slac.stanford.edu/
  LBNL particle adventure, http://ParticleAdventure.org/
  Links to particle physics sites, http://sg1.hep.fsu.edu/~wahl/Quarknet/index.htm
  Fermilab particle physics tour, http://www.fnal.gov/pub/tour.html
  Brookhaven Nuclear data base, http://www.nndc.bnl.gov/
  PDG, Particle Data Group, http://pdg.lbl.gov/
  Lund/LBNL Nuclear Data Search, http://nucleardata.nuclear.lu.se/nucleardata/toi/
  Lund/LBNL Table of Isotopes, http://ie.lbl.gov/toi.htm