

GUÍA DOCENTE

FÍSICA NUCLEAR Y DE PARTÍCULAS

Grado en Física

Cuarto Curso

I.- DATOS INICIALES DE IDENTIFICACIÓN

Nombre de la asignatura:	Física Nuclear y de Partículas
Nombre de la materia:	Ampliación de Física
Carácter:	Obligatorio
Titulación:	Graduada/o en Física
Unidad temporal	Primer cuatrimestre, Cuarto Curso
Créditos ECTS:	7,5 ECTS
Clases de teoría:	6 ECTS
Clases de laboratorio:	1,5 ECTS
Departamento:	Física Atómica, Molecular y Nuclear
Profesor/a responsable:	
Grupo A. Segundo cuatrimestre	Nombre Profesor 1 Email. profesor1@uv.es Despacho: despacho1
Grupo B. Segundo cuatrimestre	Nombre Profesor 2 Email. profesor2@uv.es Despacho: despacho 2

II.- INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA

La Física Nuclear y de Partículas es una asignatura de carácter obligatorio que se imparte en el primer cuatrimestre de cuarto curso de los estudios de Grado en Física. Consta de un total de 7,5 créditos ECTS, de los cuales 4,5 son teóricos, 1,5 teórico-prácticos (resolución de problemas), y 1,5 de laboratorio. Esta asignatura forma parte de la materia Ampliación de Física, y permitirá al graduado/a adquirir conocimientos básicos sobre la estructura de la materia y de sus propiedades.

La Física Nuclear es la disciplina científica que estudia los núcleos atómicos, sus propiedades y las fuerzas que actúan entre sus constituyentes (protones y neutrones, denominados genéricamente nucleones). Hoy sabemos que los nucleones a su vez están constituidos por sistemas físicos aun más fundamentales llamados quarks, los cuales no poseen estructura y son, asimismo, los constituyentes de lo que denominamos partículas elementales. La Física de Partículas tiene por objeto el estudio de los constituyentes de la materia a su escala más fundamental, entender los patrones de la "tabla" de partículas elementales y cuáles son las propiedades y leyes que rigen sus interacciones. Tanto la Física Nuclear como la Física de Partículas tienen un carácter de ciencia fundamental, pero hoy día sus aplicaciones son innumerables tanto en el ámbito científico como en el industrial, médico, etc. Por tanto, un planteamiento moderno de la asignatura requiere una presentación tanto de su componente de ciencia básica como de ciencia aplicada.

Los aspectos generales en los que radica la importancia de esta disciplina y que se han considerado para definir los contenidos, orientación y planteamiento de la asignatura son los siguientes:

- La comprensión de la estructura fundamental de la materia y de sus interacciones ha sido y sigue siendo uno de los mayores retos intelectuales y tecnológicos del hombre desde finales del siglo XIX. Además, el estudio nuclear y subnuclear de la materia ha sido decisivo en la evolución de la Física, baste recordar la génesis y posterior desarrollo de la Mecánica Cuántica, hoy día uno de los cimientos básicos de la ciencia.
- La Física Nuclear y de Partículas está relacionada con una gran variedad de áreas de investigación de gran relevancia en la actualidad, tales como la Astrofísica Nuclear, Astropartículas, Física del Estado Sólido, Nanotecnología, Computación Cuántica, etc.
- Las necesidades técnicas asociadas al desarrollo de esta disciplina han dado lugar a un elevado número de aplicaciones tecnológicas que han repercutido directamente en la mejora de nuestra calidad de vida. Entre ellas podríamos citar los aceleradores, la medicina nuclear (tanto para diagnóstico como terapia), fuentes de energía, aplicaciones industriales de todo tipo, informática y telecomunicaciones, protección del medio ambiente, etc.

III.- VOLUMEN DE TRABAJO

	ACTIVIDAD	h/sem.	Nº sem	Total h	
TEORÍA	Asistencia a clases magistrales de teoría	3	15	45	150
	Asistencia a clases prácticas, magistrales-participativas	1	15	15	
	Resolución de tareas y ejercicios propuestos en las clases de problemas para hacer en casa	1,5	14	21	
	Estudio y preparación de contenidos teóricos (incluyendo asistencia a tutorías)	2	15	30	
	Estudio y preparación de contenidos prácticos (incluyendo asistencia a tutorías)	1	15	15	
	Estudio y preparación de exámenes (10h examen de teoría, 10h examen de problemas)			20	
	Realización de exámenes (2h por examen x 2 exámenes)			4	
LABORATORIO	Estudio y preparación de las prácticas	1 x 1 1,5x3	4	5,5	37,5
	Asistencia a las sesiones de laboratorio	5x3 h	5	15	
	Preparación de memorias	3	5	15	
	Asistencia a conferencia ciclo de la Facultad de Física+ resumen argumentado	2	1	2	
TOTAL VOLUMEN DE TRABAJO					187,5

IV.- OBJETIVOS GENERALES

Dado que se trata de un curso básico sobre Física Nuclear y Física de Partículas, el objetivo general de la asignatura es el de dar al alumno una visión general de la disciplina, tanto en sus aspectos teórico-conceptuales (refiriendo a otras asignaturas, como la Mecánica Cuántica, para los aspectos más formales), como fenomenológicos, experimentales y prácticos. Asimismo, dada la enorme trascendencia de esta materia en el mundo moderno, se introducen aplicaciones de especial importancia (industriales, médicas, etc.), y se intenta relacionar algunos de los conceptos introducidos con aspectos de la realidad y actualidad sociales.

V.- DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

Los contenidos teórico-prácticos se estructuran en siete temas, que a su vez pueden agruparse en tres bloques. En el primero se introduce la disciplina así como los dispositivos experimentales principales que han permitido su desarrollo, junto con algunas de sus aplicaciones. En el segundo bloque se cubre la Física de Partículas y en el tercero la Física Nuclear.

- **Tema 1. Introducción a la Física Nuclear y de Partículas**
 - Objetivos, limitaciones, terminología básica y métodos en Física Nuclear y Física de Partículas. Cómo realizar un experimento de Física Nuclear y de Altas Energías. Necesidades de desarrollo de dispositivos experimentales. Orden de distancias. Esquema general de los constituyentes e interacciones de la materia. El Universo conocido y los grandes misterios de la Física Fundamental por resolver.
 - Sección eficaz de dispersión como herramienta en Física Nuclear y de Partículas. Estudio de estructuras e interacciones. Ejemplos en Mecánica Clásica y Cuántica. Dispersión de Rutherford y descubrimiento del núcleo.
 - Unidades naturales, dimensiones y constantes.
- **Tema 2. Dispositivos experimentales y sus aplicaciones**
 - Fuentes de radiación. Naturales (elementos radiactivos y rayos cósmicos), fuentes de electrones e iones, positrones, antiprotones, neutrones, reactores nucleares.
 - Aceleradores de partículas. Clasificación y evolución. Conceptos básicos. Aceleradores electrostáticos. LINACs. Ciclotrones. Sincrotrones. Estabilidad de la fase y focalización. Radiación de sincrotrón. Tipos de sincrotrones. Luminosidad. Algunas de las mayores instalaciones del mundo. Aplicaciones de los aceleradores.
 - Generalidades de la interacción de la radiación con la materia. Pérdida de energía de partículas cargadas pesadas. Alcance, curva de Bragg y sus aplicaciones. Reglas de escala. Pérdida de energía de electrones y positrones. Radiación Cerenkov y de transición. Atenuación de rayos X y fotones. Pérdida de energía de neutrones y otras partículas neutras.

- Características generales de los detectores. Clasificación general de los detectores. Detectores gaseosos: contador proporcional, cámara proporcional de multihilos (MWPC), contador Geiger-Müller. La cámara de niebla. Detectores de centelleo. Tubos fotomultiplicadores. Detectores de semiconductores. Calorímetros. Estructura general de un detector de propósito general. "Trigger", adquisición y análisis de datos. Ejemplos de detectores actuales en Física Nuclear y en Física de Partículas. Ejemplos de aplicaciones médicas e industriales.
- **Tema 3. Partículas y simetrías**
 - Observación experimental y clasificación de partículas y antipartículas desde los años 1930s. Hadrones: bariones, mesones y resonancias. El modelo quark y la prueba experimental directa de la estructura nucleónica. Familias de leptones y quarks. La prueba directa del número de familias. Hadrones exóticos. Los neutrinos. Observación directa de neutrinos.
 - El papel de las simetrías. Conexión simetría-ley de conservación. Observación de rupturas de simetría. Leyes de conservación universales: energía, momento, momento angular y espín, carga eléctrica, número bariónico, número leptónico. Simetrías de sabor (isospín, extrañeza y otros sabores) y sus consecuencias. Simetrías discretas: paridad P, conjugación de carga C, simetría de CP y su ruptura.
- **Tema 4. Las interacciones fundamentales**
 - Conceptos de Mecánica Cuántica Relativista y Teoría Cuántica de Campos como base de las interacciones fundamentales. Diagramas de Feynman.
 - Electrodinámica Cuántica (QED) y sus diagramas de Feynman.
 - Cromodinámica Cuántica (QCD). El descubrimiento del gluón.
 - Interacciones débiles y unificación electrodébil. El mecanismo de Higgs. Descubrimiento de las corrientes neutras. Descubrimiento de los bosones $W^\pm$ y Z. Estudio experimental de los portadores de la fuerza débil.
 - Resumen de los portadores de las interacciones fundamentales. El Modelo Estándar y las cuestiones abiertas en Física de Partículas. Motivación e ideas sobre unificación de fuerzas.
- **Tema 5. Propiedades y modelos nucleares**
 - Tamaño y distribución nucleares. Distribución de carga nuclear y su estudio experimental: difusión elástica de electrones. Distribución de materia nuclear.
 - Masa y abundancia de núclidos. Espectroscopía de masas. Método de los dobletes de masas. La parábola de Thomson. Método de las reacciones nucleares. Abundancias isotópicas. Métodos de separación de isótopos.
 - Energía de ligadura. Fórmula semiempírica y parábola de masas. Estabilidad nuclear y aplicaciones a posibles fuentes de energía.
 - Otras propiedades globales nucleares. Espín, paridad e isospín nucleares. Estructura cuántica de niveles energéticos nucleares. Momentos electromagnéticos nucleares: cuadrupolar eléctrico y dipolar magnético.
 - Aplicaciones: Resonancia Magnética Nuclear (RMN).

- Modelos nucleares. Modelos de capas y colectivos. Potencial N-N. Modelo extremo de partícula independiente: espín-paridad de los niveles, momentos magnéticos dipolares, momentos eléctricos cuadrupolares.

▪ **Tema 6. Radiactividad y desintegración nuclear**

- Desintegraciones nucleares. Ejemplos de fuentes radiactivas. Radiactividad natural y series. Ley de desintegración radiactiva. Semivida, vida media y actividad específica. Actividades parciales. Teoría cuántica de la desintegración radiactiva. Desintegración en cadena. Equilibrio. Ecuaciones de Bateman. Producción de radiactividad artificial. Aplicación a radiotrazadores.
- Datación radiactiva. Aplicaciones a la datación arqueológica y geológica (C-14, Rb-Sr-87, etc.)
- Dosimetría. Magnitudes y unidades metrológicas. Limitación de dosis.
- Desintegración α . Regla de Geiger-Nuttal. Teoría cuántica de la desintegración α . Emisión de otras partículas pesadas o núcleos. Reglas de selección. Ejemplos de fuentes α . Aplicaciones científicas e industriales de las partículas α y protones.
- Desintegración β^- , β^+ y por captura electrónica (CE). Teoría de Fermi de la desintegración β . Diagrama o "plot" de Kurie. Masa del neutrino. Semividas comparativas y su sistemática. Reglas de selección y niveles de prohibición. Ejemplos de fuentes β y de CE. Desintegración doble β . Aplicaciones científicas e industriales basadas en la absorción, atenuación y retrodifusión de partículas β y electrones. Microscopía electrónica.
- Desintegración γ . Vidas medias y estimadores de Weisskopf. Reglas de selección. Desintegración por conversión interna (CI). Ejemplos de fuentes γ y de CI. Absorción resonante y efecto Mössbauer. Aplicaciones científicas e industriales basadas en la absorción, atenuación y retrodifusión Compton de radiación γ , y fluorescencia de rayos X.
- Radioisótopos y la protección del medio ambiente.

▪ **Tema 7. Reacciones nucleares de fisión y fusión**

- La importancia histórica y práctica de las reacciones de fisión y fusión.
- Fisión nuclear. Aspectos generales de la fisión. Modelo de la gota líquida y fórmula semiempírica. Características de la fisión. La energía en la fisión inducida.
- Absorción y moderación de neutrones. Aplicaciones científicas e industriales de los neutrones (retrodifusión, difracción, activación).
- Reacciones de fisión controlada. Ciclo de las reacciones de fisión controlada. Tamaño crítico. Dinámica de las reacciones de fisión controlada. Componentes de un reactor. Tipos de reactores.
- Fusión nuclear. Aspectos generales de la fusión. Procesos básicos. Características de las reacciones de fusión. Criterio de Lawson.
- Reacciones de fusión controlada. Reactores de fusión. Confinamiento magnético: Tokamaks. Proyecto ITER. Confinamiento inercial. Implicaciones prácticas y comparación con otras fuentes energéticas. Diseño de una posible planta eléctrica de fusión.

- Nucleosíntesis del Big Bang y estelar.

Los contenidos del laboratorio, dado su carácter experimental, persiguen ilustrar e introducir al alumno en el uso de algunos detectores representativos de la Física Nuclear y de Partículas, la manipulación de fuentes radiactivas encapsuladas, y la utilización de ambos para la realización de algunos experimentos básicos. Asimismo se pretende que el alumno aplique técnicas estadísticas básicas para el análisis de los datos obtenidos en el laboratorio, utilizando para ello algunas aplicaciones informáticas típicas. Las 5 sesiones presenciales de que consta el laboratorio se organizan del siguiente modo:

- **Sesión 1 (3h). Introducción al laboratorio y a las medidas dosimétricas.** En la primera parte de esta sesión el profesor introducirá al alumno el laboratorio y las actividades a desarrollar. Los contenidos complementarán a los del Tema 2 de la teoría en aspectos concretos del laboratorio, e incluirán instrucciones básicas sobre la manipulación de fuentes radiactivas y del material del laboratorio (manuales de instrucciones, etc.), breve recordatorio sobre tratamiento estadístico de datos (estadística de recuento), y aplicaciones informáticas a utilizar. En la segunda parte de la sesión se introducirá a los alumnos en el uso práctico de dispositivos de medidas dosimétricas de los que se dispone en la Unidad de Protección Radiológica de la Universidad, que se encuentra en el Departamento.
- **Sesión 2 (3h). Práctica 1. La cámara de niebla.** Se trata de una práctica de cátedra (ilustrativa) en la que el alumno visualizará directamente las trazas que dejan a su paso distintos tipos de partículas ionizantes. Para ello se empleará una cámara de niebla, dispositivo que en el pasado y antes de la llegada de los detectores de trazas electrónicos, ha dado lugar a grandes descubrimientos en Física de Partículas. Las actividades que se realizarán incluye la observación directa de trayectorias de partículas α , β , γ , y mesones procedentes de la radiación de fondo de cósmicos y terrestre, la observación de trazas "V" en la desintegración de una muestra de ^{232}Th , y el estudio de la deflexión de partículas β^- bajo un campo magnético.
- **Sesión 3 (3h). Práctica 2. El detector Geiger-Müller.** Curva Plateau. Fondo del detector. Test estadístico de funcionamiento del tubo. Espectro beta y cota de la masa del neutrino por absorción en aluminio.
- **Sesiones 4 y 5 (2 x 3 h). Práctica 3. Espectroscopía multicanal con un detector de NaI(Tl).** Calibración energética. Espectros gamma de diversas fuentes radiactivas. Observación del continuo y del pico de retrodispersión Compton, de los picos de aniquilación, escape simple y doble, y pico suma. Observación de rayos X asociados a los procesos de CE y CI. Atenuación de fotones en materiales. Determinación de la constante de desintegración de un radionúclido de vida corta.

VI.- DESTREZAS A ADQUIRIR

Con esta asignatura los alumnos deberán adquirir las siguientes destrezas específicas:

- Conocer cuáles son los constituyentes últimos de la materia así como las características de sus interacciones y las leyes de conservación asociadas.

- Entender la constitución del núcleo atómico y sus propiedades básicas: energías de ligadura, tamaños y formas, modos de desintegración, propiedades electromagnéticas, etc.
- Ser capaz de modelizar dichas propiedades utilizando tanto modelos microscópicos como semiclásicos o empíricos.
- Conocer y entender los distintos tipos de procesos de desintegración nuclear y ser capaz de resolver cuestiones de cadenas radiactivas (naturales, artificiales, datación).
- Conocer las generalidades y aplicaciones de las reacciones de fisión y fusión.
- Adquirir una perspectiva histórica del desarrollo de la disciplina desde finales del siglo XIX, como instrumento para que el alumno conozca cómo el método científico funciona y da lugar a nuevos conocimientos a partir de la compleja relación entre teoría, experimento y tecnología.
- Conocer algunos de los dispositivos y técnicas experimentales de la Física Nuclear y de Partículas que han permitido (y permiten) acumular toda la información necesaria para identificar, caracterizar, modelizar, etc.
- Iniciación al manejo de detectores básicos de radiación ionizante, fuentes radiactivas encapsuladas y aplicación de normas básicas de protección radiológica.
- Desarrollo de la capacidad de trabajo sistemático y ordenado de laboratorio, de elaboración de informes científicos, y de defensa oral de los mismos.

VII.- HABILIDADES SOCIALES

Las propias de la titulación:

- 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.
- Estimular la capacidad de comunicación de los conceptos físicos involucrados en un problema mediante expresión oral y escrita.
- Potenciar la comprensión y el uso de las nuevas tecnologías de la información.

A éstas cabría añadir:

- Rigor a la hora de valorar el trabajo realizado por uno mismo. Fomentar el espíritu crítico e incentivar el espíritu de superación ante resultados inesperados o erróneos.

- Habilidad para argumentar desde criterios racionales y científicos, tanto en el ámbito académico como divulgativo, evitando prejuicios de índole social.
- Capacidad de identificar y valorar la importancia de los conceptos y recursos científicos estudiados con sus aplicaciones a otros campos de la ciencia y a la mejora del bienestar social.
- Actitudes y valores que establezcan condiciones para desarrollar un comportamiento ético en el desarrollo de la actividad profesional.

VIII.- TEMARIO Y PLANIFICACIÓN TEMPORAL

La planificación que se muestra a continuación es lógicamente orientativa ya que, dependiendo del ritmo de adquisición de competencias de los alumnos y del grado de madurez de sus conocimientos previos, puede resultar conveniente (o necesario) reajustar el cronograma siguiente.

TEMAS DE TEORÍA	Num. semanas
1. Introducción a la Física Nuclear y de Partículas	1
2. Dispositivos experimentales: aceleradores y detectores	2
3. Partículas y simetrías	2,5
4. Las interacciones fundamentales	2
5. Propiedades y modelos nucleares	2
6. Radiactividad y desintegración nuclear	4
7. Reacciones nucleares de fisión y fusión	1,5
Total	15

PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Num. Semanas
Introducción al laboratorio y a las medidas dosimétricas	1
La cámara de niebla	1
El detector Geiger-Müller	1
El detector de NaI(Tl) y el analizador multicanal	2
Total	5

IX.- BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

a) Bibliografía básica

- W.E. Burcham and M. Jobes, **Nuclear and Particle Physics**, Longman, 1995.
- A. Ferrer, **Física Nuclear y de Partículas**, Univ. de Valencia, 2006 (segunda edición).
- K.S. Krane, **Introductory Nuclear Physics**, John Wiley & Sons Inc., 1988.
- K. Gottfried and V.F. Weisskopf, **Concepts of Particle Physics**, Vol.I, Oxford U. Press, 1986.

b) Bibliografía complementaria

- D. Griffiths, **Introduction to Elementary Particles**, Wiley, 1987.
- W.S.C. Williams, **Nuclear and Particle Physics**, Oxford University Press, 1991.
- E. Segré, **Nuclei and Particles**, W.A. Benjamin, 1977. También existe en español, **Núcleos y Partículas**, Reverté, 1972.
- A. Ferrer, M. Shaw y A. Willart, **Física Nuclear**, U.N.E.D. 2002.
- J. Lilley, **Nuclear Physics**, John Wiley & Sons Ltd., 2001, reprinted 2007.
- R.J. Blind-Stoyle, **Nuclear and Particle Physics**, Chapman & Hall, London, 1991.
- S.S.M. Wong, **Introductory Nuclear Physics**, John Wiley & Sons, Inc. 2004.
- R.A. Dunlap, **An introduction to the Physics of Nuclei and Particles**, Thomson Brooks/Cole, 2004.
- W.R. Leo, **Techniques for nuclear and particle physics experiments**. Springer-Verlag, 1994.
- G.C. Lowenthal & P.L. Airey, **Practical Applications of Radioactivity and Nuclear Radiations**, Cambridge University Press, 2001.
- A. Galindo & P. Pascual, **Mecánica Cuántica**, Eudema Universidad, 1989. También en inglés, **Quantum Mechanics**, Springer-Verlag, 1991.
- J.D. Jackson, **Electrodinámica Clásica**, Alhambra, 1980. También en inglés, **Classical electrodynamics**, John Wiley & Sons, 1999.

c) Bibliografía de problemas

- Y. Lim (editor), **Problems and solutions on Atomic, Nuclear and Particle Physics**, World Scientific, 2007.
- N. Newbury et al., **Princeton problems in Physics with solutions**, Princeton U. Press, 1991.
- R. Gautreau and W. Savin, **Modern Physics**, McGraw-Hill, 1999.
- M. Shaw y A. Willart, **Física Nuclear: problemas resueltos**, Alizanza Universidad, 2002.
- A. Ferrer y E. Ros, **Problemas resueltos de Física de Partículas**, Univ. de Valencia, 2007.
- N. Newbury et al., **Princeton problems in Physics**, Princeton University Press, 1991.

d) Páginas web de interés

- CERN (European Laboratory for Particle Physics), <http://www.cern.ch/>
- Fermilab (Fermi National Laboratory), <http://www.fnal.gov/>
- SLAC (Stanford Linear Accelerator Center), <http://www.slac.stanford.edu/>
- LBNL particle adventure, <http://ParticleAdventure.org/>
- 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>

e) Bibliografía del laboratorio

- Manual de Laboratorio de Física Nuclear.
- Manuales de los distintos detectores y módulos electrónicos del laboratorio.
- Table of Isotopes, <http://ie.lbl.gov/toi.htm>
- Particle Data Group, <http://pdg.lbl.gov/>
- G.F. Knoll, **Radiation detection and measurements**, John-Wiley & Sons Inc., 2000.
- W.R.Leo, **Techniques for nuclear and particle physics experiments**. Springer-Verlag, Berlin, 1994.
- L. Lyons, **Statistics for Nuclear and Particle Physicists**, Cambridge University Press, 1999.
- P.R. Bevington and D. K. Robinson, **Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences**, McGraw-Hill Book Co., 2003.

X.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y COMPLEMENTOS

La asignatura requiere un buen conocimiento de las materias básicas de Física estudiadas en los cursos previos (Física, Métodos Matemáticos, Métodos Estadísticos y Numéricos, Técnicas Experimentales), siendo especialmente importantes los conocimientos previos de Física Cuántica y Electromagnetismo. Es asimismo importante cursar esta materia en paralelo con las asignaturas Mecánica Cuántica y Electrodinámica Clásica. La asignatura obligatoria de Física del Estado Sólido es también un buen complemento de algunos contenidos de esta asignatura.

Asignaturas optativas de grado que complementan directamente a ésta (de hecho son su extensión) son la Física Atómica y de las Radiaciones, y la Instrumentación Nuclear. Algunos de los conceptos teóricos discutidos en la asignatura de Física Nuclear y de Partículas son ampliados desde una perspectiva más formal en la Mecánica Cuántica Avanzada y la Teoría Cuántica de Campos. Finalmente, la Física de Semiconductores y la Electrónica también constituyen un buen complemento de la parte más experimental de la materia.

XI.- METODOLOGIA

La asignatura tiene tres partes con una metodología bien diferenciada:

- **Clases de teoría.** Serán tres clases semanales durante el período lectivo, en general de carácter magistral y en ellas se expondrán los contenidos de la asignatura anteriormente indicados. Se hará especial hincapié en la comprensión del contenido físico del concepto (más que en su formalismo), la conexión de los conceptos introducidos con otros previos (sean de la misma u otras asignaturas), así como con sus implicaciones sobre experimentos y/o modelos teóricos y en sus aplicaciones prácticas. En la medida de lo posible, el profesor intentará fomentar la participación de los alumnos, bien a través de preguntas realizadas a alumnos concretos o con preguntas retóricas, tanto conceptuales como prácticas, que los alumnos deben

evaluar por sí mismos y contestar de modo abierto y “sin miedo” en la clase. Se evitarán demostraciones formales largas, y en aquellas que se realicen se indicarán los pasos principales para que el alumno sea capaz de reproducirlas como parte de su trabajo individual. El uso de las TIC (presentaciones electrónicas) es especialmente apropiado para buena parte de las exposiciones, dado su elevado contenido de gráficos presentando resultados experimentales y/o comparaciones con la teoría, diagramas, esquemas, tablas, 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. El profesor ofrecerá este material a los alumnos (directamente o a través de la plataforma de Aula Virtual) con antelación al inicio de cada tema.

- **Clases prácticas.** En la clase práctica semanal se resolverán problemas de cada tema de la asignatura. El profesor entregará previamente una colección de problemas de cada capítulo, bien directamente o a través de la plataforma de Aula Virtual. Los problemas planteados en la colección serán de dos tipos:
 - Problemas resueltos en clase, que en general serán problemas de referencia (tipo), y que se resolverán en la clase práctica por el profesor en la pizarra y/o por los alumnos de forma participativa.
 - Problemas propuestos, que serán propuestos a los alumnos y deberán ser resueltos y entregados (voluntariamente) por los estudiantes durante la semana posterior a la finalización del tema en cuestión. Estos problemas no necesariamente serán de mayor complejidad que los resueltos en clase y en general serán del mismo tipo que estos últimos, con el objetivo de que el alumno afiance sus conocimientos prácticos evitando frustraciones que conllevarían problemas de complejidad media mayor. La valoración de estos problemas siempre será positiva.

Con esta estructura se pretende que las clases prácticas sirvan como ilustración práctica de técnicas y procedimientos presentados en las clases teóricas, y constituir un adiestramiento profesional, planteando problemas tipo y problemas que, en la medida de lo posible, hagan referencia a situaciones prácticas lo más reales posible. Finalmente, con el fin de adecuar el desarrollo de las clases de problemas a las de teoría y evitar desfases temporales (los problemas sólo se harán cuando el correspondiente tema de teoría haya sido concluido, o se haya discutido un mínimo de contenidos), habrá semanas en las que las cuatro horas presenciales se dedicarán a clases de teoría, y otras en las que habrá más de una clase práctica.

- **Clases de laboratorio.** Las clases de laboratorio son la mejor herramienta docente para complementar los contenidos de la asignatura discutidos en las clases teórico-prácticas. Las clases de laboratorio van orientadas a ilustrar los contenidos de las clases teórico-prácticas, familiarizar a los alumnos con equipos y técnicas de medida, instruir en el método científico, enseñar y potenciar la capacidad de análisis de los datos experimentales, y de síntesis, interpretación y evaluación crítica de los mismos. Estas clases constarán de 5 sesiones de 3 horas cada una. La asistencia a estas sesiones es obligatoria y condición necesaria para superar la asignatura. Las sesiones se organizan tal como se ha indicado en el apartado V. Los guiones de prácticas serán

proporcionados a los estudiantes antes del inicio de las mismas (directamente o a través de la plataforma de Aula Virtual), con el fin de que el alumno acuda al laboratorio habiendo leído atentamente el guión de la práctica que tendrá que realizar en esa sesión. Las prácticas 2 y 3 se realizarán por grupos de dos alumnos, mientras que la práctica 1, de carácter más ilustrativo, se realizará para todos los alumnos de la sesión, dado que sólo se dispone de una cámara de niebla de difusión de altas prestaciones. Al principio de la sesión, el profesor supervisará la comprensión de dicho guión y orientará a las parejas sobre aquellos aspectos conceptuales o técnicos necesarios para realizar correctamente el montaje y adquisición de datos. Cada alumno deberá tener una libreta de laboratorio en la que deberán reflejarse los datos tomados así como las estimaciones previas de las diversas magnitudes, gráficas, y cualquier comentario relevante acerca de la ejecución de la práctica. Dicha libreta será supervisada por el profesor al final de la sesión. Los alumnos serán tutelados durante la sesión de prácticas por los profesores, quienes corregirán los posibles errores y malos hábitos de trabajo.

XII.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

La evaluación de los conocimientos adquiridos por el estudiante constará de tres partes:

1. **Examen.** Contará el 65% de la nota final. Dado que se trata de una asignatura cuatrimestral, se realizará un único examen final escrito, dividido en dos partes, una teórica y una práctica. La parte teórica representará el 60% de la nota del examen y constará de un tema a desarrollar y nueve cuestiones breves y ejercicios cortos, sin que se permita el uso de libros y apuntes. La parte práctica valdrá el 40% del examen, y constará de dos o tres ejercicios prácticos o problemas sobre la materia de la asignatura, y para su realización en general se permitirá el uso de libros y apuntes de teoría y tablas, pero no de libros y apuntes de problemas (a establecer por el profesor de la asignatura). La nota final de este apartado se obtendrá promediando las calificaciones de las dos partes, siempre y cuando ninguna de las dos notas esté por debajo de 40% de la nota máxima de cada parte. Con el fin de asegurar el principio de igualdad de oportunidades para todos los alumnos, se considerará como presentado a la asignatura todo aquel estudiante que entregue o esté presente durante la primera hora de cualquiera de las dos partes de que consta el examen. Por tanto, si un estudiante presenta y aprueba el examen de teoría pero no presenta el de problemas se considerará como suspenso.
2. **Trabajo personal teórico-práctico.** Contará el 15% de la nota final. Se propondrán cuestiones y problemas sobre cada uno de los temas de la asignatura, a realizar individualmente. Los alumnos deberán presentar (voluntariamente) las resoluciones durante la semana siguiente a la finalización del tema en clase.
3. **Laboratorio.** Contará el 20% de la nota final. El profesor realizará un seguimiento y evaluación continua del trabajo a través de la libreta de laboratorio al final de cada sesión. Además, cada pareja de alumnos deberá presentar una memoria en la que se detalle una introducción, fundamento teórico, instrumental, metodología, datos, su tratamiento (errores, gráficas, ajustes, etc.), resultados y conclusiones de cada una de las dos prácticas realizadas.

4. **Actividades complementarias.** Se evaluará la asistencia a una conferencia organizada por la Facultad de Física, de la cual se deberá entregar un resumen argumentado de la misma. Se valorará positivamente.

La calificación indicativa sobre 100 puntos se distribuye de la siguiente manera:

	<i>ACTIVIDAD</i>	<i>Puntos</i>
TEÓRICO-PRÁCTICO	Examen	65
	Trabajo personal	15
LABORATORIO	Libreta	5
	Memorias	15
CONFERENCIA		Positivamente

La calificación final ha de ser igual o superior a 50 puntos para superar la asignatura.