



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

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 Nuclear y en el tercero la Física de Partículas.

- **Tema 1. Introducción a la Física Nuclear y de Partículas**
 - Objetivos, limitaciones, terminología básica y métodos en Física Nuclear y Física de Partículas. Orden de distancias y esquema general de los constituyentes e interacciones de la materia.
 - Sección eficaz de dispersión como herramienta en Física Nuclear y de Partículas para el estudio de estructuras e interacciones. Dispersión de Rutherford y descubrimiento del núcleo atómico.
 - Unidades naturales, dimensiones y constantes.

- **Tema 2. Sistemas experimentales: fuentes de radiación, aceleradores y detectores**
 - Fuentes de radiación naturales y artificiales. Tipos de radiactividad natural. Ley de desintegración radiactiva. Semivida, vida media y actividad específica. Actividades parciales. Rayos cósmicos.
 - Aceleradores de partículas. Clasificación, evolución y conceptos básicos. Aceleradores electrostáticos, LINACs, ciclotrones y sincrotrones. Estabilidad de la fase y focalización. Radiación de sincrotrón. Luminosidad. Grandes instalaciones y aplicaciones de los aceleradores.
 - Generalidades de la interacción de la radiación con la materia. Pérdida de energía de partículas cargadas. Alcance, curva de Bragg y sus aplicaciones. Radiación Cerenkov y de transición. Atenuación de rayos X y fotones. Pérdida de energía de neutrones y otras partículas neutras.
 - Aspectos generales y clasificación de los detectores de radiación. Detectores gaseosos (contador proporcional, contador Geiger-Müller, cámara de niebla), detectores de centelleo (NaI, tubos fotomultiplicadores) y detectores de semiconductores. Calorímetros. Estructura general de un detector de propósito general. Grandes detectores y aplicaciones médicas e industriales.

- **Tema 3. Propiedades y modelos nucleares**
 - Tamaño y distribución de carga y materia nucleares. Difusión elástica de electrones.
 - Masa y abundancia de núclidos. Espectrometría de masas. Abundancias y separación isotópicas.
 - Energía de ligadura. Fórmula semiempírica y parábola de masas. Estabilidad nuclear y aplicaciones.
 - 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. Modelo de capas extremo de partícula independiente.

▪ Tema 4. Radiactividad y desintegración nuclear

- Desintegraciones nucleares y series naturales. Teoría cuántica de la desintegración radiactiva. Desintegración en cadena y equilibrio. Producción de radiactividad artificial y aplicaciones.
- Desintegración α . Regla de Geiger-Nuttal. Teoría cuántica de la desintegración α . Reglas de selección. Ejemplos.
- 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. Desintegración doble β . Reglas de selección. Ejemplos. El experimento de Reines y Cowan.
- Desintegración γ . Vidas medias y estimadores de Weisskopf. Reglas de selección. Desintegración por conversión interna (CI). Ejemplos.
- Dosimetría. Magnitudes y unidades metrológicas. Limitación de dosis.
- Datación radiactiva. Aplicaciones a la datación arqueológica y geológica (C-14, Rb-Sr-87, etc.). Espectrometría de masas con aceleradores (AMS).
- Otras aplicaciones analíticas, industriales y en medicina nuclear. Absorción resonante y efecto Mössbauer. Análisis por activación neutrónica (NAA) y fluorescencia de rayos X. "Tracing" y "Gauging". Esterilización y conservación de alimentos. Imaginería de rayos X y cámaras gamma. Tomografía computerizada (TC). Tomografía de emisión de positrones (PET). Radioterapia. Radioisótopos y la protección del medio ambiente.

▪ Tema 5. Fisión y fusión

- Importancia de las reacciones nucleares de fisión y fusión.
- 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.
- Reacciones de fisión controlada. Tamaño crítico. Dinámica de las reacciones de fisión controlada. Componentes de un reactor. Tipos de reactores.
- 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.
- Nucleosíntesis del Big Bang y estelar.

▪ Tema 6. Partículas y simetrías

- Observación y clasificación de partículas y antipartículas desde los años 1930s. El positrón y el muón. El pión y el kaón. La extrañeza y la "jungla" de partículas. El modelo quark y la prueba experimental directa de la estructura nucleónica. Familias de leptones y quarks. Hadrones: bariones, mesones y resonancias. El número de familias. Resumen de constituyentes fundamentales.
- El papel de las simetrías. Conexión simetría-ley de conservación. Observación de rupturas de simetría. Leyes de conservación universales. Número leptónico y bariónico. Simetrías de sabor y sus consecuencias. Simetrías discretas: paridad P, conjugación de carga C, simetría de CP y su ruptura.

▪ Tema 7. Las interacciones fundamentales

- Diagramas de Feynman. Conceptos básicos de Mecánica Cuántica Relativista y Teoría Cuántica de Campos.
- Electrodinámica Cuántica (QED) y sus diagramas de Feynman.
- Cromodinámica Cuántica (QCD) y sus diagramas de Feynman. El descubrimiento del gluón.
- Interacciones débiles y sus diagrama de Feynman. Unificación electrodébil y 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.

Los contenidos del laboratorio, dado su carácter experimental, ilustran e introducen al alumno en el manejo de algunos detectores representativos de la Física Nuclear y de Partículas, la manipulación de fuentes radiactivas encapsuladas, la utilización de éstos para la realización de algunos experimentos básicos, y la aplicación de técnicas estadísticas básicas para el análisis de los datos del laboratorio, utilizando algunas aplicaciones informáticas típicas. Con ello se pretende introducir al alumno a través de herramientas sencillas, unas clásicas y otras más modernas, algunos de los principales aspectos experimentales de la Física Nuclear y de Partículas. Las 5 sesiones presenciales de que consta el laboratorio se organizan del siguiente modo:

- **Sesión 1 (3h). Sistemas de detección e introducción al laboratorio.** En 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 de los sistemas de detección utilizados del laboratorio, e incluirán instrucciones básicas sobre la manipulación de fuentes radiactivas y del material del laboratorio (manuales de instrucciones, etc.), un breve recordatorio sobre tratamiento estadístico de datos, y aplicaciones informáticas a utilizar.
- **Sesión 2 (3h). Práctica 1. El detector Geiger-Müller.** Curva Plateau. Fondo del detector. Error estadístico de las medidas de radiación. Test de funcionamiento del tubo. Tiempo muerto del detector.
- **Sesiones 3 y 4 (2 x 3 h). Práctica 2. 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 plomo. Determinación de la vida mediada un radionúclido de vida corta.
- **Sesión 5 (3h). Práctica 3. La cámara de niebla.** Se trata de una práctica en la que se emplea la cámara de niebla de difusión del Instituto de Física Corpuscular (IFIC). Visualizar y diferenciar directamente el rastro de partículas alfa, protones, electrones, fotones e incluso muones, procedentes de los rayos cósmicos y de la radiactividad ambiental, ilustrando directamente los distintos mecanismos de interacción radiación-materia utilizados en la detección de las radiaciones. Medida en tiempo real y a partir del análisis de una grabación de video realizada durante la sesión de la concentración de radón atmosférico. Identificación de sucesos "raros":

materialización de fotones, cascadas de desintegraciones alfa, muones y protones cósmicos, y desintegración de muones en el seno de la cámara.

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. Sistemas experimentales: fuentes de radiación, aceleradores y detectores	2
3. Propiedades y modelos nucleares	2
4. Radiactividad y desintegración nuclear	3,5
5. Fisión y fusión	1,5
6. Partículas y simetrías	2,5
7. Las interacciones fundamentales	2,5
Total	15

PRÁCTICAS DE LABORATORIO	Num. Semanas
Sistemas de detección e introducción al laboratorio	1
El detector Geiger-Müller	1
El detector de NaI(Tl) y el analizador multicanal	2
La cámara de niebla	1
Total	5

IX.- BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

a) Bibliografía básica

- K.S. Krane, **Introductory Nuclear Physics**, John Wiley & Sons Inc., 1988.
- A. Bettini, **Elementary Particle Physics**, Cambridge University Press, 2008.
- W.E. Burcham and M. Jobes, **Nuclear and Particle Physics**, Longman, 1995.
- A. Ferrer, **Física Nuclear y de Partículas**, Univ. de Valencia, 2006.

b) Bibliografía complementaria

- E. Segré, **Nuclei and Particles**, W.A. Benjamin, 1977. También existe en español, **Núcleos y Partículas**, Reverté, 1972.
- W.S.C. Williams, **Nuclear and Particle Physics**, Oxford University Press, 1991.
- A. Ferrer, M. Shaw y A. Williard, **Física Nuclear**, U.N.E.D. 2002.
- D. Griffiths, **Introduction to Elementary Particles**, Wiley, 1987.
- J. Lilley, **Nuclear Physics. Principles and Applications**, John Wiley & Sons 2007.
- 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. Williard, **Física Nuclear: problemas resueltos**, Alianza Universidad, 2002.
- A. Ferrer y E. Ros, **Problemas resueltos de Física de Partículas**, Univ. de Valencia, 2007.

d) Bibliografía del laboratorio

- Guiones de las distintas prácticas del laboratorio.
- Manuales de los distintos detectores, módulos electrónicos y software del laboratorio.
- 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.

e) Páginas web de bases de datos nucleares y de partículas

- Particle Data Group, <http://pdg.lbl.gov/>
- Brookhaven Nuclear Data Center, <http://www.nndc.bnl.gov/>, y en particular <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>
- Lund/LBNL Nuclear Data Search, <http://nucleardata.nuclear.lu.se/nucleardata/toi/>

f) Páginas web educativas

- LBNL Particle Adventure, <http://ParticleAdventure.org/>
- 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/>

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 recomendable cursar esta materia junto 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. 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 directas o 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 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. 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 se realizarán por grupos de dos alumnos. 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.

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 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 problemas sobre la materia de la asignatura, y para su realización en general se permitirá el uso de libros y apuntes de teoría. 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.
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 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 a través del trabajo realizado por los alumnos directamente en el laboratorio y de la supervisión de libreta. 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 tres 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.