

Programa de la asignatura Física Nuclear y de Partículas

(Grado en Física, Doble Grado en Física y
Matemáticas, Doble Grado en Física e Ingeniería de
Materiales)

Mario Gómez Ramos

5 de agosto de 2025

Preámbulo

El presente documento sigue las indicaciones del BOJA Número 88 de 12 de mayo de 2025. Se establece la presentación del programa de, al menos, una de las asignaturas de formación básica incluidas en el perfil docente de la plaza. El programa ha de contener:

- Temario detallado.
- Reseña metodológica y bibliográfica.
- Sistema y criterios de evaluación y calificación.

Se debe respetar la extensión máxima de 30 páginas en A4 con letra de 12 puntos de cuerpo, con espaciado interlineal de 1.5 y márgenes de 2.5 cm.

El perfil docente de la plaza PPL-003-25 incluye la asignatura de Física Nuclear y de Partículas, asignatura obligatoria en el Grado en Física, Doble Grado en Física y Matemáticas y Doble Grado en Física e Ingeniería de Materiales. Se presenta por tanto el programa correspondiente a esta asignatura.

Mario Gómez Ramos

En Sevilla, a 5 de agosto de 2025.

Índice

1. Contexto dentro de la titulación

La asignatura de Física Nuclear y de Partículas se imparte en la Facultad de Física de la Universidad de Sevilla. Se trata de una asignatura obligatoria de 6 créditos ECTS que se imparte en los siguientes grados:

- Grado en Física. (4^º curso)
- Doble Grado en Física y Matemáticas. (5^º curso)
- Doble Grado en Física e Ingeniería de Materiales. (4^º curso)

No existe segregación respecto a las titulaciones, esto es, en los diferentes grupos de la asignatura pueden convivir alumnos de las diferentes titulaciones. Este programa se centra en el Grado en Física, ya que el temario y capacidades adquiridas en esta asignatura son idénticos en todas las titulaciones, si bien el distinto desarrollo académico de los alumnos en estas (en particular, el hecho de que los alumnos del Doble Grado en Física y Matemáticas cursen la asignatura en su quinto curso en lugar del cuarto) introduce una cierta varianza en los conocimientos y capacidades de los alumnos, que debe ser tenida en cuenta en el desarrollo de la actividad docente.

De acuerdo con su memoria de verificación, el Grado en Física consta de 240 créditos ECTS repartidos en 60 de Formación Básica, 144 de carácter Obligatorio, 30 Optativos y 6 de Trabajo Fin de Grado. La distribución de asignaturas en la titulación se establece en los siguientes 19 módulos, que se indican con su número de créditos ECTS y los cursos en los que se imparten:

- Fundamentos de Física (Básico – 18 ECTS – 1^º)
- Análisis Matemático (Básico – 12 ECTS – 1^º)
- Álgebra lineal y Geometría (Básico – 12 ECTS – 1^º)
- Transversal (Básico – 18 ECTS – 1^º)
- Métodos Matemáticos (Obligatorio – 18 ECTS – 2^º)

- Mecánica y Ondas (Obligatorio – 12 ECTS – 2º)
- Termodinámica y Física Estadística (Obligatorio – 18 ECTS – 2º,3º)
- Electromagnetismo (Obligatorio – 18 ECTS – 2º)
- Óptica (Obligatorio – 12 ECTS – 3º)
- Fundamentos Cuánticos (Obligatorio – 18 ECTS – 3º,4º)
- Estructura de la Materia (Obligatorio – 18 ECTS – 3º,4º)
- Trabajo Fin de Grado (Obligatorio – 6 ECTS – 4º)
- Ampliación de Física (Obligatorio – 18 ECTS – 3º)
- Experimental (Obligatorio – 12 ECTS – 4º)
- Itinerario en Física de la Materia Condensada (Optativo – 18 ECTS – 4º)
- Itinerario en Electrónica y Electromagnetismo (Optativo – 18 ECTS – 4º)
- Itinerario en Física Atómica, Molecular y Nuclear (Optativo – 18 ECTS – 4º)
- Complementos de Física (Optativo – 30 ECTS – 4º)
- Prácticas Externas (Optativo – 6 ECTS – 4º)

Los 12 primeros módulos son comunes con las Universidades de Córdoba y Granada, mientras que los siguientes son propios de la Universidad de Sevilla. La asignatura de Física Nuclear y de Partículas pertenece al módulo *Estructura de la Materia*, compuesto por las siguientes asignaturas:

- Estructura de la Materia
 - Física del Estado Sólido – 6 ECTS – 3º
 - Electrónica Física – 6 ECTS – 3º
 - Física Nuclear y de Partículas – 4º

2. Temario detallado

A continuación, se presentan de forma detallada las lecciones en las que se divide el temario de la asignatura de Física Nuclear y de Partículas. La asignatura comprende 6 créditos ECTS, que se corresponden con 60 horas presenciales, junto a 90 horas de trabajo personal por parte del alumno. De las horas presenciales 35 se destinan a lecciones teóricas y el resto a clases prácticas (resolución de problemas), que típicamente se imparten tras la finalización de las clases teóricas asociadas a cada uno de los temas (excepto en el tema de introducción, en el que se estima que no son necesarias clases prácticas) y a resolución de cuestiones y dudas por parte del alumnado. El temario presentado a continuación se corresponde a las clases teóricas, que se desglosan en lecciones de 1 hora y se agrupan en temas. La asignatura de Física Nuclear y de Partículas presenta dos bloques bien diferenciados: Física Nuclear y Física de Partículas, a cada uno de los cuales corresponde la mitad del tiempo de la asignatura: 7 semanas y media cada uno. Los temas se presentan separados en estos dos bloques.

Física Nuclear

Tema 1: Introducción a la Física Nuclear

- Lección 1.1: Introducción
 - Orígenes y paradigma de la Física Nuclear
 - Escalas físicas y definiciones básicas
 - Diagrama de Segrè: Paisaje nuclear

Tema 2: Masas nucleares

- Lección 2.1: Fenomenología de las masas atómicas
 - Masas y energías de ligadura
 - Energías de separación y de apareamiento
 - Energía liberada en reacciones nucleares
- Lección 2.2: Fórmula semiempírica de masas
 - Términos de la fórmula semiempírica de masas: significado físico

- Valle de beta-estabilidad, evolución de la energía de ligadura
- Lección 2.3: Límites de formación nuclear
 - Líneas de evaporación de neutrones y protones
 - Línea de fisión espontánea

Tema 3: Estabilidad nuclear

- Lección 3.1: Decaimiento alfa
 - Fenomenología y cinemática del decaimiento alfa
 - Ley de Geiger-Nuttal
- Lección 3.2: Decaimiento por fisión y beta (I):
 - Decaimiento por fisión: descripción física
 - Decaimiento beta $+$, beta $-$ y captura electrónica
- Lección 3.3: Decaimiento beta (II)
 - Energía liberada
 - Probabilidad de decaimiento: decaimiento beta y captura electrónica

Tema 4: Tamaños nucleares

- Lección 4.1: Medida del tamaño nuclear
 - Medida a partir de la fórmula semiempírica de masas
 - Medida a partir de espectros atómicos: Corrimiento isotópico
 - Características generales de la distribución de carga nuclear
- Lección 4.2: Reacciones de dispersión elástica de electrones
 - Descripción de reacciones de dispersión elástica: sección eficaz experimental
 - Teoría de sección eficaz elástica. Factores de forma
- Lección 4.3: Densidad de carga nuclear

- Sensibilidad de los factores de forma a la densidad de carga
- Factores de forma y densidades de carga experimentales
- Densidad de carga del protón y el neutrón

Tema 5: Modelo de capas

- Lección 5.1: Introducción al modelo de capas
 - Evidencia experimental del modelo de capas: números mágicos
 - Fundamentos teóricos del modelo
- Lección 5.2: Modelo de partículas independientes
 - Modelo de capas: Oscilador armónico y potenciales centrales
 - Espín-órbita y desdoblamiento de capas
- Lección 5.3: Aplicaciones del modelo de capas
 - Espín, paridad y degeneración en el modelo de capas
 - Energías de separación y energías de excitación en el modelo de capas
 - Límites del modelo de capas: Interacción residual

Tema 6: Decaimiento gamma

- Lección 6.1: Introducción al decaimiento gamma
 - Cinemática del decaimiento gamma
 - Introducción al hamiltoniano electromagnético
 - Aproximación dipolar del decaimiento gamma
- Lección 6.2: Reglas de selección y unidades Weisskopf
 - Extensión a multipolos superiores
 - Reglas de selección
 - Unidades Weisskopf

Tema 7: El deuterón

- Lección 7.1: El deuterón
 - Deuterón: Propiedades y números cuánticos
 - Interacción nucleón-nucleón

Física de Partículas

Tema 8: Introducción a la física de partículas

- Lección 8.1: Introducción
 - Partículas elementales
 - Introducción a la mecánica cuántica relativista
 - Interacciones fundamentales

Tema 9: Decaimiento y colisiones de partículas subatómicas

- Lección 9.1: Fundamentos del decaimiento de las partículas
 - Regla de oro de Fermi
 - Densidad de estados para decaimiento binario: Regímenes no relativista, relativista y ultrarrelativista
- Lección 9.2: Decaimiento débil
 - Densidad de estados para decaimiento en tres partículas
 - Teoría de Fermi del decaimiento débil
- Lección 9.3: Secciones eficaces e interacciones fundamentales
 - Secciones eficaces
 - Valores típicos para interacción fuerte, electromagnética y débil

Tema 10: Propiedades de las partículas subatómicas

- Lección 10.1: Teoría de Yukawa y clasificación
 - Teoría de Yukawa
 - Leptones
 - Hadrones
- Lección 10.2: Extrañeza
 - Extrañeza: Evidencias experimentales
 - Conservación de la extrañeza, kaones
- Lección 10.3: Conservación de números cuánticos y resonancias
 - Conservación de números cuánticos
 - Partículas y resonancias
- Lección 10.4: Isospín
 - Isospín: definición y acoplamiento
 - Conservación de isospín
 - Relación entre secciones eficaces

Tema 11: Simetrías discretas

- Lección 11.1: Introducción a las simetrías discretas
 - Simetrías continuas y discretas
 - Enunciado del teorema de Noether
 - Simetrías P, C y T: definición
- Lección 11.2: Simetrías P y C
 - Simetría P aplicada a un sistema de partículas
 - Simetría C aplicada a un sistema de partículas
 - Violación de paridad, experimento de Wu

Tema 12: Un paradigma de transición

- Lección 12.1: Introducción (somera) a la teoría cuántica de campos
 - Notación covariante y contravariante
 - Ecuación de Dirac
 - Campos fermiónicos y bosónicos
- Lección 12.2: Lagrangianos de interacción
 - Lagrangiano cuántico
 - Lagrangiano fuerte mesónico
 - Lagrangiano electromagnético
 - Lagrangiano débil
- Lección 12.3: Diagramas de Feynman (I)
 - Construcción de los diagramas de Feynman
 - Diagrama de Feynman para interacción fuerte
- Lección 12.4: Diagramas de Feynman (II)
 - Diagrama de Feynman para interacción electromagnética
 - Diagrama de Feynman para interacción débil

Tema 13: Modelo de quarks

- Lección 13.1: Modelo de quarks dentro del grupo $SU(3)$
 - Evidencias experimentales: Octete y decuplete
 - Introducción a teoría de grupos: Grupo $SU(3)$
- Lección 13.2: Descripción de los hadrones en la teoría de quarks
 - Mesones pseudoescalares y vectoriales
 - Hadrones: octete y decuplete
 - Función de onda hadrónica: color de los quarks

- Lección 13.3: Propiedades de las partículas en el modelo de quarks y quarks pesados
 - Masa hadrónica y mesónica en el modelo de quarks
 - Momento magnético en el modelo de quarks
 - Quarks pesados: c,b,t
- Lección 13.4: Diagramas de Feynman en el modelo de quarks
 - Diagramas de Feynman para interacción electromagnética
 - Diagramas de Feynman para interacción débil: ángulo de Cabibbo
 - Diagramas de Feynman para interacción fuerte: limitaciones del modelo perturbativo

Tema 14: Modelo estándar

- Lección 14.1: Introducción al modelo estándar
 - Teorías gauge locales
 - Introducción a la cromodinámica cuántica
 - Introducción a la teoría electrodébil
 - Bosón de Higgs

3. Reseña metodológica

3.1. Especificaciones del Plan de Estudios

El Plan de Estudios de la Facultad de Física de la Universidad de Sevilla preve que las asignaturas del módulo Estructura de la Materia, en la que se incluye la asignatura de Física Nuclear y de Partículas, presenten las siguientes actividades formativas presenciales

- Sesiones teóricas y seminarios
- Sesiones de problemas, tutorías y actividades dirigidas.

Ambas se han considerado en la sección previa. Las competencias que deben adquirir los alumnos en este módulo son las siguientes:

- Transversales o genéricas
 - Capacidad de análisis y síntesis
 - Capacidad de organización y planificación
 - Comunicación oral y/o escrita
 - Capacidad de gestión de la información
 - Resolución de problemas
 - Razonamiento crítico
 - Aprendizaje autónomo
 - Creatividad
 - Sensibilidad hacia temas medio-ambientales
- Específicas
 - Conocimiento y comprensión de los fenómenos y de las teorías físicas más importantes
 - Capacidad de estimar órdenes de magnitud para interpretar fenómenos diversos
 - Capacidad de profundizar en la aplicación de los conocimientos matemáticos en el contexto general de la física
 - Capacidad de medida, interpretación y diseño de experiencias en el laboratorio o en el entorno
 - Capacidad de modelado de fenómenos complejos, trasladando un problema físico al lenguaje matemático
 - Capacidad de transmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes

Los resultados del aprendizaje esperados en la asignatura de Física Nuclear y de Partículas son los siguientes:

- Conocer los constituyentes últimos de la materia, sus interacciones y los elementos básicos de los modelos desarrollados para su estudio y saber el orden de las magnitudes físicas involucradas en los procesos entre partículas elementales.

- Conocer la fenomenología básica nuclear y entender y manejar algunos modelos sencillos desarrollados para su descripción.
- Conocer la propiedades más importantes de los principales procesos de desintegración nuclear
- Conocer los principios, técnicas e instrumentos de medida en el estudio teórico y/o experimental de la estructura de la materia.

3.2. Propuesta

La asignatura de Física Nuclear y de Partículas se imparte durante el segundo cuatrimestre del 4º curso del Grado en Física en la Universidad de Sevilla, que consta de 15 semanas lectivas, por lo que la impartición de las 60 horas correspondientes a esta asignatura requiere 4 horas semanales, que tradicionalmente se distribuyen una hora al día de lunes a jueves. por lo tanto se presenta el esquema para la asignatura suponiendo esta distribución de horas, denotando las clases de teoría con T, las de problemas con P y clases reservadas para evaluación continua como E:

Semana	L	M	X	J
1	T	T	T	T
2	P	P	P	T
3	T	T	P	P
4	P	T	T	T
5	P	P	T	T
6	T	P	P	P
7	T	T	P	T
8	E	E	T	P
9	T	T	T	P
10	P	T	T	T
11	T	P	P	T
12	T	P	T	T
13	T	T	P	P
14	T	T	T	T
15	P	T	E	E

Las clases correspondientes a la evaluación continua se han situado al final de cada uno de los dos bloques (Física Nuclear y Física de Partículas) aunque dependiendo de las circunstancias particulares de cada grupo se pueden plantear cambios, tales como realizar

una prueba de evaluación continua a la mitad de cada bloque y otra tras su finalización. En la propuesta presentada 35 horas corresponden a clases teóricas y 21 a clases de problemas. Esta asignación presenta una cantidad elevada de clases de problemas deliberadamente, ya que en la resolución de los problemas planteados se hará hincapié en conceptos más operacionales que permiten una mejor explicación en el contexto de un caso práctico. Ejemplos serían la asignación de números cuánticos a los distintos estados de un núcleo dentro del modelo de partículas independientes o el cálculo del momento magnético de las partículas dentro del modelo de quarks. Por supuesto, esta asignación debe entenderse como una primera aproximación, que será adaptada según las características del alumnado, la facilidad o dificultad que presenten para asimilar los contenidos de las distintas lecciones y posibles modificaciones del calendario académico debido a las variaciones anuales de los días de fiesta a lo largo de la semana.

En las clases teóricas, el profesor expondrá los contenidos de la asignatura, desglosados en la sección ??, que cubren los objetivos de aprendizaje específicos de la asignatura, detallados previamente. Estas clases se impartirán buscando una participación activa del alumnado, realizando preguntas al alumnado tanto al inicio de la lección, para invitar a la reflexión (“¿Cómo mediríais el tamaño de un núcleo?”), como preguntas más específicas a lo largo de la lección para garantizar el seguimiento de la misma. De la misma manera, se permitirá al alumnado realizar preguntas a lo largo de la lección para aclarar los puntos que les generen más dificultad. Esta metodología busca incentivar las competencias de *razonamiento crítico*, *resolución de problemas* y *creatividad* del alumnado, pero naturalmente deberá equilibrarse con la necesidad de mantener la lección dentro de las restricciones temporales de la clase. Previamente a las clases de resolución de problemas, se proporcionarán al alumnado los boletines de problemas que se analizarán en clase y se les invitará a intentar su resolución previa a la clase para promover su *aprendizaje autónomo* y *resolución de problemas*. El desarrollo de las clases se adaptará en función del número de alumnos: si el número de alumnos es elevado, el desarrollo de las clases de resolución de problemas será similar al de las clases teóricas, con el profesor resolviendo en la pizarra problemas considerados particularmente didácticos o, bajo petición del alumnado, problemas que les hayan supuesto especial dificultad. Si el número de alumnos es reducido, se optará por sesiones en las que los alumnos expongan en la pizarra su resolución de los problemas propuestos, para desarrollar sus competencias de *comunica-*

ción oral, capacidad de síntesis y capacidad de transmitir conocimientos de forma clara en ambientes docentes. En estas clases, la labor del profesor será ayudar a los alumnos en las dificultades que hayan encontrado y en realizar preguntas que ayuden al *análisis* de los resultados y su desarrollo. En los casos en los que los alumnos no muestren interés en exponer sus resultados, las clases se impartirán como en el supuesto de un número elevado de alumnos.

Como corresponde a una asignatura del último año del Grado en Física, el nivel del temario impartido es elevado, por lo que el seguimiento de la asignatura implica naturalmente el desarrollo de las capacidades de *análisis, síntesis, organización, gestión de la información y resolución de problemas*. Además, el estudio de la fisión y fusión nuclear sirve como un inicio excelente para explorar las *implicaciones medioambientales* de la producción energética con ambos procesos y su comparación con otras fuentes de energía.

En lo que respecta a las competencias específicas de la asignatura, el temario cubre todas ellas. Una posible excepción es la *capacidad de transmitir conocimientos de forma clara*, que se abordará tanto en las clases de problemas, indicadas previamente, como en los métodos de evaluación, que se indican en una sección posterior. El desarrollo de la *capacidad de medida, interpretación y diseño de experiencias* puede también suponer un desafío para una asignatura preeminentemente teórica, como la presente. Sin embargo, el simple análisis conceptual de las medidas (¿cómo medir un núcleo de un femtómetro de tamaño?, ¿qué es la extrañeza de una partícula, experimentalmente?, ¿por qué es más difícil medir neutrones que protones?) permite al alumno entender y analizar los métodos de medida para la física subatómica.

4. Reseña bibliográfica

A continuación se listan los libros que constituyen la bibliografía recomendada para la asignatura de Física Nuclear y de Partículas. Todos están disponibles para los alumnos en las distintas bibliotecas de la Universidad de Sevilla a través del catálogo FAMA, siendo algunos accesibles de forma online. Se proporciona una bibliografía general y algunos títulos de bibliografía más específica.

Bibliografia general

1. Heyde, Kris L. G, *Basic ideas and concepts in nuclear physics: an introductory approach*, Bristol, [England] ; Philadelphia : Institute of Physics Pub., 3rd ed., 2004, ISBN: 9780750309806
2. Pierre Marmier, Eric Sheldon, *Physics of nuclei and particles, Vol I & II*, Ed. Academic Press, 1970, 1982, ISBN: 0-201-05976-2
3. Burcham, W.E., *Nuclear Physics, an introduction*, Ed. Logman, 1982, ISBN: 0-201-05976-2
4. M. A. Preston, R.K. Bhaduri, *Structure of Nuclei*, Reading, Mass. [etc.] : Addison-Wesley, 1982, 1982, ISBN: 0-201-05976-2
5. Krane, Kenneth S., *Introductory Nuclear Physics*, Ed. John Wiley and Sons, 2nd ed., 1988, ISBN: 0-471-80553-X
6. W. N. Cottingham, D. A. Greenwood, *An introduction to nuclear physics*, Ed. Cambridge University Press, 2006, ISBN: 978-84-344-0491-5
7. Segrè, Emilio, *Núcleos y partículas: introducción a la física nuclear y subnuclear*, Ed. Reverté, 2006, ISBN: 978-84-344-0491-5
8. H.A. Enge, *Introduction to Nuclear Physics*, Ed. Reading, Mass. [etc.] : Addison-Wesley, 2006, ISBN: 978-84-344-0491-5
9. Ferrer Soria, Antonio, *Física Nuclear y de Partículas*, Ed. Universitat de València, D.L., 2006, ISBN: 978-84-344-0491-5
10. B.R. Martin, *Nuclear and Particle Physics*, Ed. John Wiley & Sons, Ltd., 2006, ISBN: 978-84-344-0491-5
11. David J. Griffiths, *Introduction to elementary particles*, Ed. Wiley-Vch, 2008, ISBN: 978-84-344-0491-5
12. Povh, Rith, Scholz, Zetsche, *Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts*, Ed. Springer, 1995, ISBN: 978-84-344-0491-5

13. G.D. Coughlan, J.E. Dodd, B.M. Gripaios, *The ideas of Particle Physics. An introduction for scientists*, Ed. Cambridge University Press, 2006, ISBN: 978-84-344-0491-5
14. D.H. Perkins, *Introduction to high energy physics*, Ed. Cambridge University Press, 2000, ISBN: 978-84-344-0491-5
15. A. Das, T. Ferbel, *Introduction to Nuclear and Particle Physics*, Ed. John Wiley & Sons, Inc., 1994, ISBN: 978-84-344-0491-5
16. J. Gómez Camacho, *Física de Partículas en 3 créditos, Notas de la asignatura de Física Nuclear y Partículas*, Universidad de Sevilla.
17. Donnelly, T. William; Formaggio, Joseph A.; Holstein, Barry R.; Milner, Richard Gerard; Surrow, Bernd, *Foundations of nuclear and particle physics*, Ed. Cambridge University Press, 2017, ISBN: 1-108-10541-6
18. Halzen, Francis; Martin, Alan Douglas, *Quarks and leptons : an introductory course in modern particle physics*, Ed. John Wiley and Sons, 1984, ISBN: 9780471887416

Bibliografía específica

El siguiente libro contiene más de 2100 problemas resueltos y comentados. Están ordenados según los apartados del libro de los mismos autores recomendado en la bibliografía general.

- *Problemas de Física*. Autores: S. Burbano, E. Burbano, C. Gracia. Edición: 2006. Editorial: Tébar (Madrid). ISBN: 9788495447272.

5. Sistema y criterios de evaluación y calificación

5.1. Especificaciones del Plan de Estudios

El Plan de Estudios prevé los siguientes sistemas de evaluación:

- Realización de exámenes escritos, consistentes en cuestiones de índole conceptual referentes a la materia tratada en las clases de teoría y de ejercicios de nivel análogo a los desarrollados en las clases de problemas.

- Realización y entrega de ejercicios
- Asistencia cotidiana y participación en las sesiones presenciales

El examen oficial de la asignatura (examen final) se realizará en las fechas oficiales aprobadas en Junta de Facultad y consistirá en cuestiones teórico-prácticas sobre los contenidos impartidos de la asignatura. Además, la Normativa Reguladora de la Evaluación y la Calificación de las Asignaturas añade que los sistemas de evaluación contemplarán la posibilidad de aprobar por curso una asignatura de manera previa al examen final (evaluación continua). La forma de esta evaluación continua no es fija, y su forma se discutirá en la propuesta de criterios de evaluación.

El sistema de calificaciones ha de seguir lo establecido en el Real Decreto 1125/2003 donde se establecen calificaciones numéricas de 0 a 10 con la posibilidad de una mención de Matrícula de Honor a aquellos con notas superior a 9 sobre 10 sin que el número de menciones supere el 5% del número de alumnos matriculados con un mínimo de una Matrícula de Honor para clases de menos de 20 alumnos.

5.2. Propuesta

De acuerdo a la Normativa Reguladora de la Evaluación y la Clasificación de las Asignaturas, se propondrán al alumnado dos opciones: una evaluación continua basada en dos exámenes parciales y posible entrega de problemas, y una evaluación por examen final. A continuación se detallan ambos sistemas de evaluación, con sus correspondientes criterios, en los que todas las calificaciones se suponen sobre 10:

- Evaluación por curso
 - a) Consistirá en dos exámenes parciales: un parcial para el bloque de física nuclear y un parcial para el bloque de física de partículas. Los alumnos deben aprobar al menos uno de los dos parciales (nota mayor o igual a 5) para mantener la posibilidad de la evaluación por curso. Los alumnos podrán examinarse del bloque temático no aprobado por parciales en el examen final de la primera convocatoria. La nota del bloque temático será, en este caso, la del examen final.

- b) Los alumnos que aprueben el parcial de ambos bloques temáticos podrán presentarse a optar a modificar la nota durante el examen final, bien a ambos bloques temáticos, o bien al bloque temático con nota más baja. La nota del bloque será la del examen final, si es superior a la del parcial. En caso contrario, se tomará la media de ambas calificaciones, con un mínimo de 5.0.
 - c) El aprobado por curso se obtiene si la media aritmética de ambos bloques temáticos es mayor o igual a 5.0 y la nota de cada bloque es mayor o igual a 4. Si la nota de algún bloque temático es inferior a 4, el aprobado por curso no es posible.
 - d) Los profesores podrán proponer durante el curso la realización de actividades de carácter voluntario (problemas, trabajos, controles) para fomentar el seguimiento continuado de la asignatura. Estas actividades podrán bonificar la nota de los alumnos aprobados por curso una cantidad máxima de 1.5 puntos. La bonificación de cada actividad se aplicará a la nota del bloque temático (nuclear o partículas) correspondiente a dicha actividad, saturando en los 10 puntos. Si el número de alumnos es reducido, estos puntos de bonificación se otorgarán en función de una serie de ejercicios que los alumnos entregarán a lo largo del curso. Para un número más elevado de alumnos, se realizarán 4 exámenes tipo test de 15 minutos de duración (dos exámenes por bloque) durante el curso y los puntos de bonificación se aplicarán en función de las calificaciones obtenidas en estos exámenes.
- Evaluación por examen final
- a) La evaluación mediante examen final será aplicable a los alumnos que no hayan obtenido el aprobado por curso.
 - b) El examen final tendrá contenidos del bloque de Nuclear y del bloque de Partículas, que se evaluarán separadamente. El alumno deberá demostrar conocimientos suficientes en ambas partes.
 - c) Para los alumnos que se presentan a los dos bloques temáticos: Si la nota de ambos bloques temáticos es igual o superior a 4 la nota final vendrá dada por su media aritmética. En caso contrario (alguna nota inferior a 4), la nota

final vendrá dada por su media geométrica. Para aprobar, el resultado debe ser mayor o igual a 5.

- d) Para los alumnos que se presentan a un bloque temático, por haber aprobado el otro en el parcial: Deben obtener una nota mínima en el examen de 3. La nota final es la media del parcial aprobado y la del bloque, con un máximo de 4.5 (por ende, suspenso) para los alumnos con menos de 3 en el examen. Para aprobar, el resultado debe ser mayor o igual a 5.