Guía docente de la asignatura

Desarrollos Actuales en Física Teórica y Matemáticas y su Fenomenología (M53/56/4/21)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 02/07/2025

Máster	Máster Universitario en Física y Matemáticas - Fisymat
MÓDULO	Módulo IV : Física Teórica y Matemática
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Segundo	**Créditos**	6	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Conocimientos sobre teoría cuántica de campos y física de partículas.

Se recomienda no usar herramientas de IA. En el caso de utilizar herramientas de IA para el desarrollo de la asignatura, el estudiante debe adoptar un uso ético y responsable de las mismas. Se deben seguir las recomendaciones contenidas en el documento de "Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial en la UGR" publicado en esta ubicación: https://ceprud.ugr.es/formacion-tic/inteligencia-artificial/recomendaciones-ia#contenidoo

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

Esta asignatura transversal al programa de máster se organizará anualmente en torno a 4 temas candentes de gran actualidad en el ámbito de la Física- Matemática, cuyo nivel de descripción sea introductorio y formativo a nuevos desarrollos fenomenológicos. Para la impartición de estos temas se dispondrá de 9 horas docentes y el formato será abierto en una combinación de seminarios y coloquios. Algunos de los temas a abordar serán:

- El descubrimiento del bosón de Higgs.
- Energía y momento, ¿invisibles?
- Nuevas partículas. Física más allá del Modelo Estándar.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:57
Código seguro de verificación (CSV): B1C0DF1D476A1B18FD622FCD7869F0D7 Pág. 1 de 7

- Gases cuánticos. Átomos ultrafríos. Moléculas frías y ultrafrías.
- Nano-partículas.
- C* Álgebras e Información Cuántica. Computación cuántica. Óptica cuántica no-lineal.
- El Concepto de Criticalidad en Fenómenos Cooperativos.
- La Astrofísica después de la Misión Planck. Energía Oscura.
- Curvas, códigos y semigrupos.
- Estructuras Singulares en Fluidos.
- Y otros temas de investigación de actualidad tanto en Física como en Matemáticas.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Saber trabajar en un equipo multidisciplinar y gestionar el tiempo de trabajo
- CG02 - Capacidad de generar y desarrollar de forma independiente propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional en el ámbito científico de la Física y Matemáticas
- CG03 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos
- CG04 - Saber comunicarse con la comunidad académica y científica en su conjunto, con la empresa y con la sociedad en general acerca de la Física y/o Matemáticas y sus implicaciones académicas, productivas o sociales
- CG05 - Adquirir la capacidad de desarrollar un trabajo de investigación científica de forma independiente y en toda su extensión. Ser capaz de buscar y asimilar bibliografía científica, formular las hipótesis, plantear y desarrollar problemas y elaborar de conclusiones de los resultados obtenidos
- CG06 - Adquirir la capacidad de diálogo y cooperación con comunidades científicas y empresariales de otros campos de investigación, incluyendo ciencias sociales y naturales

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): B1C0DF1D476A1B18FD622FCD7869F0D7
06/05/2026 - 10:57
Pág. 2 de 7

- CE03 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos matemáticos avanzados, y profundizar en los distintos campos de las matemáticas
- CE04 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos físicos avanzados, y profundizar en los distintos campos de la física y astrofísica
- CE06 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de resultados e ideas nuevas y complejas en el campo de la astrofísica, física, matemáticas y biomatemáticas

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Fomentar el espíritu innovador, creativo y emprendedor
- CT02 - Garantizar y fomentar el respecto a los Derechos Humanos y a los principios de igualdad, accesibilidad universal, no discriminación y los valores democráticos y de la cultura de la paz
- CT03 - Desarrollar el razonamiento crítico y la capacidad de crítica y autocrítica

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Saber trabajar en un equipo multidisciplinar y gestionar el tiempo de trabajo
- CG02 - Capacidad de generar y desarrollar de forma independiente propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional en el ámbito científico de la Física y Matemáticas
- CG03 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos
- CG04 - Saber comunicarse con la comunidad académica y científica en su conjunto, con la empresa y con la sociedad en general acerca de la Física y/o Matemáticas y sus implicaciones académicas, productivas o sociales
- CG05 - Adquirir la capacidad de desarrollar un trabajo de investigación científica de

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): B1C0DF1D476A1B18FD622FCD7869F0D7
06/05/2026 - 10:57
Pág. 3 de 7

forma independiente y en toda su extensión. Ser capaz de buscar y asimilar bibliografía científica, formular las hipótesis, plantear y desarrollar problemas y elaborar de conclusiones de los resultados obtenidos
- CG06 - Adquirir la capacidad de diálogo y cooperación con comunidades científicas y empresariales de otros campos de investigación, incluyendo ciencias sociales y naturales

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE03 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos matemáticos avanzados, y profundizar en los distintos campos de las matemáticas
- CE04 - Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos físicos avanzados, y profundizar en los distintos campos de la física y astrofísica
- CE06 - Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de resultados e ideas nuevas y complejas en el campo de la astrofísica, física, matemáticas y biomatemáticas

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Fomentar el espíritu innovador, creativo y emprendedor
- CT02 - Garantizar y fomentar el respecto a los Derechos Humanos y a los principios de igualdad, accesibilidad universal, no discriminación y los valores democráticos y de la cultura de la paz
- CT03 - Desarrollar el razonamiento crítico y la capacidad de crítica y autocrítica

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

- Los principios teóricos y la significación física del formalismo de la matriz densidad, enfatizando los aspectos teórico-informacionales y sus aplicaciones en información, computación y tecnologías cuánticas
- El concepto cuantitativo de información, con las correspondientes medidas entrópico-informacionales, y con su significado y aplicaciones físicas.
- Las medidas entrópicas clásicas y cuánticas, así como las medidas de complejidad asociadas
- Los conceptos y técnicas de la Física de Condensados, particularmente los condensados de Bose-Einstein, y de gases cuánticos. Estos elementos son el fundamento de muchos de los desarrollos actuales en óptica cuántica y en diversas tecnologías cuánticas.
- El fenómeno del entrelazamiento (entanglement) cuántico, sus propiedades, y sus aplicaciones en contextos científicos (p.ej., desorden interno en sistemas atómicos y moleculares) y tecnológicos (por ej., metrología, óptica y simulación cuánticas, y teleportación, criptografía y distribución de claves cuánticas).
- Las propiedades y características más importantes de los gases cuánticos fermiónicos y bosónicos.

- Los principios teóricos y la significación física del formalismo de la matriz densidad, enfatizando los aspectos teórico-informacionales y sus aplicaciones en información, computación y tecnologías cuánticas
- El concepto cuantitativo de información, con las correspondientes medidas entrópico-informacionales, y con su significado y aplicaciones físicas.
- Las medidas entrópicas clásicas y cuánticas, así como las medidas de complejidad asociadas

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): B1C0DF1D476A1B18FD622FCD7869F0D7
06/05/2026 - 10:57
Pág. 4 de 7

- Los conceptos y técnicas de la Física de Condensados, particularmente los condensados de Bose-Einstein, y de gases cuánticos. Estos elementos son el fundamento de muchos de los desarrollos actuales en óptica cuántica y en diversas tecnologías cuánticas.
- El fenómeno del entrelazamiento (entanglement) cuántico, sus propiedades, y sus aplicaciones en contextos científicos (p.ej., desorden interno en sistemas atómicos y moleculares) y tecnológicos (por ej., metrología, óptica y simulación cuánticas, y teleportación, criptografía y distribución de claves cuánticas).
- Las propiedades y características más importantes de los gases cuánticos fermiónicos y bosónicos.

El alumno sabrá/comprenderá

- Las simetrías observadas en el mundo de las partículas elementales y la realización en la naturaleza de la rotura de las mismas.
- El uso de los métodos de la teoría cuántica de campos para la predicción y búsqueda experimental de nuevas partículas.
- El desarrollo experimental para la caracterización de las propiedades de las partículas elementales y, en particular, de los neutrinos.
- Las implicaciones de un mundo con más de cuatro dimensiones.
- Las propiedades de las moléculas frías y ultra-frías y las técnicas experimentales empleadas para su enfriamiento.

El alumno será capaz de:

- Hacer cálculos sencillos para la predicción de las manifestaciones experimentales de las partículas elementales.
- Interpretar las observaciones experimentales en los aceleradores y observatorios de partículas.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

- Tema 1: Moléculas frías y ultra-frías. Descripción teórica y técnicas experimentales de enfriamiento.
- Tema 2: Aplicaciones de moléculas frías y ultra-frías.
- Tema 3. El Modelo Estándar de física de partículas y su rotura espontánea: predicción del bosón de Higgs y de sus propiedades.
- Tema 4. El descubrimiento del bosón de Higgs en el LHC y canales de desintegración
- Tema 5. Fenomenología de neutrinos. Fermiones de Dirac y de Majorana. Oscilaciones de neutrinos.
- Tema 6. Física experimental de neutrinos.
- Tema 7: Problemas y extensiones del Modelo Estándar: teorías unificadas, modelos compuestos, dimensiones extra, supersimetría.
- Tema 8: Modelos supersimétricos.

PRÁCTICO

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): B1C0DF1D476A1B18FD622FCD7869F0D7
06/05/2026 - 10:57
Pág. 5 de 7

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- The Higgs Hunter's Guide, J. Gunion, H. Haber, G. Kane, S. Dawson (Addison Wesley, 1990)
- Combined Measurement of the Higgs Boson Mass in pp Collisions at s1/2 = 7 and 8 TeV with the ATLAS and CMS Experiments, ATLAS and CMS Collaborations (Georges Aad et al.), Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 191803
- Massive neutrinos in physics and astrophysics, R.N. Mohapatra, P.B. Pal, (World Sci. Lect. Notes Phys. 72, 2004)
- Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics, C. Giunti and C.W. Kim (Oxford University Press, 2007)
- Extra dimensions in particle physics, F. Feruglio, Eur. Phys. J. C 33 (2004) S114
- Particle Physics of Brane Worlds and Extra Dimensions, Sreerup Raychaudhuri, K. Sridhar (Cambridge Monographs on Mathematical Physics, 2016)
- Cold Molecules: Theory, Experiment, Applications, Roman Krems, Bretislav Friedrich, William C Stwalley, (CRC Press, Taylor & Francis group, 2009)
- Cold and ultracold molecules: science, technology and applications, L. D Carr, D. DeMille, R. V Krems and J. Ye, New Journal of Physics 11, 055049 (2009)

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ENLACES RECOMENDADOS

- Compendio de nuestro conocimiento actual sobre la física de partículas: The Particle Data Group, Review of Particle Physics http://pdg.lbl.gov/
- La aventura de las partículas http://particleadventure.org/
- Proyecto educativo sobre física contemporánea http://www.cpepweb.org/
- Noticias sobre física de partículas http://www.particlephysics.ac.uk/ http://www.interactions.org/
- SPIRES (base de datos sobre publicaciones y autores en física de partículas) https://inspirehep.net

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral
- MD04 Seminarios
- MD06 Realización de trabajos individuales o en grupos
- MD07 Análisis de fuentes y documentos

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 10:57
Código seguro de verificación (CSV): B1C0DF1D476A1B18FD622FCD7869F0D7 Pág. 6 de 7

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

- Valoración de las pruebas, exámenes, ejercicios, prácticas o problemas realizados individualmente o en grupo a lo largo del curso: 40 %
- Realización, exposición y defensa final de informes, trabajos, proyectos y memorias realizadas de forma individual o en grupo 40%
- Valoración de la asistencia y participación del alumno en clase y en los seminarios, y sus aportaciones en las actividades desarrolladas: 20%

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

- Examen final de toda la asignatura: 100%

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación en tal caso consistirá en:

- Examen final de toda la asignatura: 100%

INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): B1C0DF1D476A1B18FD622FCD7869F0D7
06/05/2026 - 10:57
Pág. 7 de 7