Guía docente de la asignatura

Física del Láser y Aplicaciones (M44/56/3/32)

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

Máster	Máster Universitario en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica
MÓDULO	Física y Tecnología de Radiaciones
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

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

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Graduado/a en Física o Graduado/a en ingeniería Electrónica o de Telecomunicaciones

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

Principio de un láser. Mecanismos de producción de luz láser. Interacción de láser con sistemas atómicos y moleculares. Aplicaciones fundamentales, médicas y biofísicas. Otras aplicaciones.

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

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 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 4957A2363492387E6DE4E1579BAA4141 Pág. 1 de 7

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

- CG03 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.
- CG04 - Capacidad de expresar y defender en público los resultados y conclusiones obtenidos como resultado del proceso de aprendizaje. Deberá desarrollar y dominar las técnicas de comunicación oral ante cualquier auditorio. Aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar resultados públicamente. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención.
- CG05 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.
- CE02 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.
- CE03 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.
- CE04 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de razonamiento crítico: el estudiante debe ser capaz de distinguir aquellos aspectos de su trabajo o del de otros que suponen innovación y avance.
- CT02 - Compromiso ético. Tanto en su etapa de alumno como posteriormente en su trabajo profesional, el estudiante debe ser consciente de la absoluta necesidad de realizar sus tareas con absoluto respeto a la honradez, la verdad y el servicio a la sociedad.
- CT03 - Capacidad de automotivación. Forma parte de la madurez que debe alcanzarse en el proceso formativo a estos niveles: las dificultades han de enfrentarse con decisión y confianza.
- CT04 - Capacidad de reconocimiento de la diversidad y multiculturalidad. Forma parte de la actitud vital que se supone al graduado: su conciencia social ha de guiar aquellos aspectos de su profesión que involucren a otros miembros de la comunidad.

COMPETENCIAS

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 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 4957A2363492387E6DE4E1579BAA4141 Pág. 2 de 7

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

- CG03 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.
- CG04 - Capacidad de expresar y defender en público los resultados y conclusiones obtenidos como resultado del proceso de aprendizaje. Deberá desarrollar y dominar las técnicas de comunicación oral ante cualquier auditorio. Aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar resultados públicamente. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención.
- CG05 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.
- CE02 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.
- CE03 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.
- CE04 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de razonamiento crítico: el estudiante debe ser capaz de distinguir aquellos aspectos de su trabajo o del de otros que suponen innovación y avance.
- CT02 - Compromiso ético. Tanto en su etapa de alumno como posteriormente en su trabajo profesional, el estudiante debe ser consciente de la absoluta necesidad de realizar sus tareas con absoluto respeto a la honradez, la verdad y el servicio a la sociedad.
- CT03 - Capacidad de automotivación. Forma parte de la madurez que debe alcanzarse en el proceso formativo a estos niveles: las dificultades han de enfrentarse con decisión y

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 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 4957A2363492387E6DE4E1579BAA4141 Pág. 3 de 7

confianza.
- CT04 - Capacidad de reconocimiento de la diversidad y multiculturalidad. Forma parte de la actitud vital que se supone al graduado: su conciencia social ha de guiar aquellos aspectos de su profesión que involucren a otros miembros de la comunidad.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

- El alumno sabrá/comprenderá: el principio de emisión de radiación láser y las características de esta radiación y su propagación y detección. Conocerá la tecnología asociada a los distintos mecanismos de producción de radiación láser y su utilización, así como todos los elementos asociados. Conocerá las técnicas de enfriamiento de iones y átomos en trampas desde un punto de vista teórico y práctico, y su uso en experimentos de física. También conocerá otras aplicaciones.
- El alumno será capaz de: utilizar un sistema de producción láser y de los elementos necesarios en el contexto de experimentos de enfriamiento de iones en trampas electromagnéticas, experimentos que son novedosos en el campo de la física. Será capaz de pensar en los requerimientos y necesidades en dichos experimentos en cuanto al tipo de láser necesario y los elementos adicionales.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

1. Tema 1: Principio de un láser. Fuentes de luz coherentes. Fundamento y elementos de un láser. Descripción de la radiación láser. Láseres pulsados cortos y ultra cortos. Elementos externos asociados con la medida, transporte y manipulación de la radiación láser: polarizadores, modos de transmisión y fibras ópticas, moduladores. Interferómetros. Sensores/detectores de luz.
2. Tema 2: Mecanismos de producción de luz láser. Tipos de láser: He-Ne, semiconductores, estado sólido, y láseres de fibra. Láseres continuos y estabilización en frecuencia. Cavidades ópticas externas. Fineza. Peine de frecuencias.
3. Tema 3: Interacción del láser con sistemas atómicos. Confinamiento y enfriamiento de iones y átomos. Trampas de iones basadas en radiofrecuencias. Acoplamiento de átomos y campos electromagnéticos: modelo de dos niveles. Enfriamiento de iones con láser. Manipulación de átomos con fotones.
4. Tema 4: Experimentos de precisión con trampas de átomos o iones y láseres. Técnicas de espectroscopía óptica. Estándar de frecuencias. Computación cuántica. Física nuclear e interacciones fundamentales.
5. Tema 5: Otras aplicaciones científicas y tecnológicas del láser. Técnica LIDAR. Aceleración de iones. El láser en medicina. Micro-fabricación, micro-litografía, monitorización, comunicación, almacenamiento de datos.

PRÁCTICO

Seminarios/Talleres

1. Visualización de bombeo óptico y emisión láser.
2. Utilización de un láser de Ti:Sa, proceso de estabilización en frecuencia y anclaje a una cavidad de alta fineza.

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 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 4957A2363492387E6DE4E1579BAA4141 Pág. 4 de 7

3. Utilización de un láser de diodo y estabilización en frecuencia.
4. Utilización de un peine de frecuencias.
5. Estabilización de un láser de diodo a una cavidad de alta fineza.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

1. Práctica 1. Determinación de la anchura de un haz de radiación láser con un interferómetro de Fabry-Perot.
2. Práctica 2. Medida de una frecuencia de emisión de un láser con el peine de frecuencias.
3. Práctica 3. Estudio del método de bloqueo en frecuencia Pound Drever Hall.
4. Práctica 4. Estudio del estado vibracional de un ion enfriado hasta el límite Doppler y coherencia del bit cuántico.
5. Práctica 5. Espectroscopia Rabi y espectroscopia Ramsey.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

1. Springer Handbook of Lasers and Optics, 2ª edición, Editor F. Träger, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012
2. Basic of Laser Physics, K.F. Renk, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012
3. Optics, Light and Lasers, 2ª edición, revisada, D. Meschede, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA, 2007
4. Physics of atoms and molecules, B.H. Bransden and C.J. Joachain, John Wiley & Sons, Nueva York, 1983.
5. Ion Traps, P.K. Ghosh, Oxford University Press, Oxford, Gran Bretaña, 1995
6. Charged Particle Traps, F.G. Major, V.N. Gheorghe, G. Werth, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005
7. Introduction to Quantum Optics, G. Grynberg, A. Aspect, C. Fabre, Cambridge University Press, Gran Bretaña, 2010

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1. Building Electro-Optical Systems, P.C.D. Hobbs, John Wiley & Sons, 2009
2. Charged Particle Traps II, F.G. Major, V.N. Gheorghe, G. Werth, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009
3. The Quantum Physics of Atomic Frequency Standards: recent developments, J. Vanier, C. Tomescu, CRC Press Taylor & Francis Group, 2016.
4. Frequency Standards, Basics and Applications, F. Riehle, WILEY-VCH GmbH Co. KGaA, 2004.
5. Laser Cooling and Trapping, H.J. Metcalf, P. van der Straten, Springer Science + Business Media New York, 1999.

ENLACES RECOMENDADOS

http://www.nist.gov/physics-portal.cfm

http://www.quantumoptics.at/en/

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 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 4957A2363492387E6DE4E1579BAA4141 Pág. 5 de 7

http://www.imperial.ac.uk/ion-trapping

https://www.quantummetrology.de/quaccs/research/projects/

https://www.quantummetrology.de/eqm/research/

https://www.quantummetrology.de/equopt/research/

https://igfae.usc.es/igfae/es/experimentos/laserpet/

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral (Clases teóricas-expositivas). Para transmitir los contenidos de las materias del módulo motivando al alumnado a la reflexión, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y formándole una mentalidad crítica.
- MD02 Actividades prácticas (Clases prácticas). Para desarrollar en el alumnado las habilidades instrumentales de la materia.
- MD03 Seminarios. Para desarrollar en el alumnado las competencias cognitivas y procedimentales de la materia.
- MD04 Tutorías académicas: Para orientar al trabajo autónomo y grupal del alumnado, profundizar en distintos aspectos de la materia y orientar la formación académica integral del estudiante.
- MD05 Estudio y trabajo autónomo del alumnado. Para favorecer en el estudiante la capacidad para autorregular su aprendizaje, planificándolo, diseñándolo, evaluándolo y adecuándolo a sus especiales condiciones e intereses.
- MD06 Estudio y trabajo en grupo. Para favorecer en los estudiantes la generación e intercambio de ideas, la identificación y análisis de diferentes puntos de vista sobre una temática, la generalización o transferencia de conocimiento y la valoración crítica del mismo.

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

EVALUACIÓN ORDINARIA

La convocatoria ordinaria estará basada en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se le haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

La EVALUACIÓN CONTINUA se realizará mediante:

- Participación del alumno en las clases teóricas, en los talleres y prácticas de laboratorio. Informes de prácticas.
- Examen teórico-práctico de resolución de cuestiones donde se evaluará la compresión de conceptos fundamentales del mecanismo de producción de luz láser, estabilización en frecuencia y elementos asociados, así como la implementación práctica.
- Realización y exposición de un trabajo en grupo sobre una temática relacionada con las aplicaciones del láser (fundamentales o tecnológicas). Se dará a elegir entre varios temas.

En EVALUACIÓN CONTINUA (Convocatoria ORDINARIA) la calificación final responderá al

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 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): 4957A2363492387E6DE4E1579BAA4141 Pág. 6 de 7

siguiente baremo:

- Examen teórico-práctico de resolución de cuestiones: 50%.
- Realización y exposición de un trabajo en grupo sobre una temática relacionada con las aplicaciones del láser: 30%.
- Participación del alumno en las clases teóricas, en los talleres e informes de prácticas de laboratorio: 20%.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

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.

En EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA la calificación final responderá al siguiente baremo:

Examen teórico-práctico cuyo contenido engloba todo el temario de la asignatura (100%).

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Podrán acogerse a la evaluación única final, quienes no puedan 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: en un examen que incluye teoría y problemas sobre todo el contenido de la asignatura. El examen será el 100% de la calificación en la asignatura.

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): 4957A2363492387E6DE4E1579BAA4141
06/05/2026 - 11:02
Pág. 7 de 7