



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2025-26



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Ilusiones Ópticas
<b>Title:</b>	Optical Illusions
<b>Tutor/es:</b>	Alfredo Luis Aina
<b>E-mail tutor/es:</b>	alluis@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

Se quieren presentar las principales clases de ilusiones ópticas, con análisis de su origen y su relación con el sistema visual humano. La visión es un ámbito de conocimiento profundamente transversal en el que concurren muchas ciencias, desde la física a la biología, medicina, y neurología, con profundas implicaciones en otras áreas como la filosofía o psicología. Es además el principal modo de relacionarnos con la realidad física. En este ámbito, las ilusiones ópticas tienen un gran poder para desvelar muchos aspectos tan sorprendentes como significativos respecto a los complejos mecanismos de la visión y del procesado de la información en el cerebro.

**Metodología:**

El trabajo es de carácter teórico. Tareas a realizar: Clasificar los principales tipos de ilusiones ópticas, presentar sus rasgos principales y estudiar su relación con las características principales del sistema visual humano. Los objetivos y tareas más específicas se concretarán de acuerdo con el alumno.

**Bibliografía:**

- R. L. Gregory, Visual illusions classified, Trends in Cognitive Sciences 1, 190-194 (1997).  
R. L. Gregory, Eye and Brain: The Psychology of Seeing, Princeton University Press (2015).  
Richard Gregory, Seeing Through Illusions: Making Sense of the Senses, OUP Oxford (2009).  
A. Rizzi, y C. Bonanomi, The human visual system described through visual illusions, in Colour Design, Woodhead Publishing (2017).  
Gerald Westheimer, Illusions in the spatial sense of the eye: Geometrical–optical illusions and the neural representation of space, Vision Research 48, 2128–2142 (2008).



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2025-26



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Nanopartículas de conversión ascendente: Fotoluminiscencia en diversos entornos para sensado en la nanoescala
<b>Title:</b>	Upconversion Nanoparticles: Photoluminescence in Diverse Environments for Nanoscale Sensing
<b>Tutor/es:</b>	Laura Martínez Maestro, Javier Hernández Rueda
<b>E-mail tutor/es:</b>	fj.hernandez.rueda@ucm.es, lmmaestro@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

El alumno deberá explicar la respuesta de luminiscencia en partículas dopadas con erbio e iterbio en diferentes entornos y relacionar ésta respuesta con su utilización como nanotermómetros y nanosensores de intensidad láser para aplicaciones en nanofotónica y técnicas de bioimagen.

### **Metodología:**

En este proyecto de fin de grado se estudiará la emisión de fotoluminiscencia de nanopartículas de conversión ascendente dopadas con erbio e iterbio. Las medidas se realizarán en un microscopio de fluorescencia de barrido automatizado con Python. En concreto se comparará la emisión de partículas embebidas en agua, vacío y en muestras de gel de origen animal (sigma aldrich porcino) que emule material biológico. Se estudiará el funcionamiento de las nanopartículas como termómetros y medidores de potencia láser. Se utilizará la bibliografía recomendada para estudiar los procesos físicos mencionados con el fin de alcanzar el objetivo propuesto.

### **Bibliografía:**

- 1) **L. Martinez Maestro**, M. A. Antón, E. Cabrera-Granado, R. Weigand, **J. Hernandez-Rueda**, Intrinsic optical response of levitating upconverting single particles, ACS Photonics 12, 4, 1783–1792, 2025.
- 2) **J Hernandez-Rueda**, D Baasanjav, AP Mosk, D van Oosten, Femtosecond laser-ablation of gel and water, Optics Letters 45 (11), 3079-3082, 2020.
- 3) **J. Hernandez-Rueda**, A. de Beurs, D. van Oosten, Ultrafast laser ablation of trapped gold nanoparticles, Optics Letters 44 (13) 3294, 2019.
- 4) Bohren Craig , Donald R. Huffman. Absorption and scattering of light by small particles. John Wiley & Sons, 2008.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2025-26

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Contraste cuántico de hipótesis
<b>Title:</b>	Quantum hypotheses testing
<b>Tutor/es:</b>	Luis Lorenzo Sánchez Soto
<b>E-mail tutor/es:</b>	lsanchez@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

Un aspecto fundamental del procesado cuántico de la información consiste en la medición de estados cuánticos para extraer la información que codifican. Este reto se aborda mediante el contraste cuántico de hipótesis. Esto consiste en un método de inferencia estadística para determinar la veracidad o falsedad de dos hipótesis relativas a operadores densidad que describen el sistema. Normalmente se supone que los estados cuánticos de un sistema son estados independientes e idénticamente distribuidos y realizamos una medición descrita por una Positive operator-valued measurement (POVM). El resultado de la medición determina la verdad o falsedad de dos hipótesis, lo que permite una determinación eficiente sin estimar cada parámetro.

En particular, un problema típico de contraste de hipótesis surge en Óptica cuántica en la discriminación de una vs dos fuentes, es decir, establecer si una imagen procede de una o dos fuentes de luz. Esto es importante en astronomía, por ejemplo, para la detección eficaz de exoplanetas y estrellas binarias, y en microscopía de fluorescencia, por ejemplo, para contar el número exacto de moléculas de una muestra.

El objetivo de este trabajo es minimizar la probabilidad de un falso negativo (no detectar la segunda fuente). Si aceptamos una cierta probabilidad de falsos positivos (error tipo I), la probabilidad de un falso negativo (error tipo II) viene dada por el lema cuántico de Stein y la famosa cota de Chernoff.

**Metodología:**

En este trabajo, se propone un esquema bayesiano de contraste cuántico de hipótesis basado en la evidencia. El esquema funciona para todos los sistemas cuánticos, mediciones y conjuntos de datos de cualquier tamaño muestral sin ningún tipo de suposiciones a priori o restricciones estadísticamente injustificadas. Se basa en la lógica irrefutable y basada en la evidencia de la creencia relativa (relative belief) introducida por Michael Evans. Ello permite afirmar sin ambigüedad los espacios de Hilbert plausibles que contienen, o, más en general, las hipótesis plausibles sobre el operador densidad, que son certificadas por los datos. La idea es que la probabilidad posterior debe exceder la probabilidad anterior si se conoce la verosimilitud.

Se trabajará un esquema de certificación de dimensión basado en relative belief que determina de forma única el espacio de Hilbert más pequeño que contiene al operador densidad según lo que nos dicen los datos. En este marco bayesiano, todas las dimensiones certificadas están naturalmente dotadas de barras de error correspondientes a credibilidades dadas. Usaremos datos reales de recientes experimentos realizados por diversos grupos.

**Bibliografía:**

- M. Evans, *Measuring Statistical Evidence Using Relative Belief* (Chapman & Hall, New York, 2015).
- U. Zanforlin, C. Lupo, P. W. R. Connolly, P. Kok, G. S. Buller, Z. Huang: Optical quantum super-resolution imaging and hypothesis testing, *Nature Communications* 13, 5373 (2022).
- X. M. Lu, H. Krovi, R. Nair, S. Guha, J. H. Shapiro: Quantum-optimal detection of one-versus-two incoherent sources with arbitrary separation, *npj Quantum Information* 4, 64 (2018).



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2025-26



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Espectroscopia Raman: Principios y Algunas Aplicaciones
<b>Title:</b>	Raman Spectroscopy: Principles and Some Applications
<b>Tutor/es:</b>	Laura Martínez Maestro y Rosa Weigand
<b>E-mail tutor/es:</b>	Immaestro@ucm.es, weigand@fis.ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

Este proyecto se centra en la espectroscopia Raman, una técnica espectroscópica vibracional basada en la dispersión inelástica de la luz. Desde la aparición del primer espectrómetro Raman comercial allá por 1953, y gracias a ciertas mejoras en láseres y detectores, además del descubrimiento de algunos fenómenos, esta técnica se ha utilizado en varios campos de investigación.

El objetivo principal de este proyecto es intentar entender los fundamentos de la espectroscopia Raman, tanto desde un punto de vista teórico como a través de una revisión de la bibliografía existente sobre trabajos relevantes en diversos materiales. Existe la posibilidad de que se tomen espectros de distintos materiales.

## Metodología:

· Revisión Bibliográfica: Se realizará una revisión bibliográfica de la espectroscopía Raman, centrándose en la teoría subyacente, la instrumentación y la interpretación de datos.

· Análisis Específico de Materiales: Se seleccionarán 2 ó 3 materiales específicos y analizará artículos que detallen cómo se ha utilizado la técnica para estudiar sus propiedades.

Si el tiempo y los recursos lo permiten, se podrán realizar mediciones de espectroscopía Raman en alguna muestra para obtener experiencia práctica. Esto implicaría la preparación de muestras, la adquisición de datos y el análisis de datos.

## Bibliografía:

1. Lewis, I. R., & Edwards, H. (2001). *Handbook of Raman spectroscopy: from the research laboratory to the process line*. CRC press.
2. Dietzek, B., Cialla, D., Schmitt, M., & Popp, J. (2010). Introduction to the fundamentals of Raman spectroscopy. In *Confocal Raman Microscopy* (pp. 21-42). Springer, Berlin, Heidelberg.
3. Xu, Z., He, Z., Song, Y., Fu, X., Rommel, M., Luo, X., ... & Fang, F. (2018). Topic review: application of Raman spectroscopy characterization in micro/nano-machining. *Micromachines*, 9(7), 361.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2025-26

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Efectos inducidos por no linealidades en la propagación de haces estructurados
<b>Title:</b>	Induced effects provoked by nonlinearities in structured beams
<b>Tutor/es:</b>	Ángel S. Sanz Ortiz
<b>E-mail tutor/es:</b>	a.s.sanz@fis.ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

Las ecuaciones de Schrödinger no lineales son una clase de ecuaciones diferenciales, cuya forma funcional es análoga a la de Schrödinger estándar de la mecánica cuántica, pero que incluyen términos adicionales que son funciones no lineales de la función de onda o variable campo cuya evolución están describiendo, rompiendo así la propiedad de superposición que existe en la versión estándar. Estas no linealidades dan cuenta de manera efectiva de las interacciones entre el sistema que estamos describiendo y el entorno.

Este tipo de ecuaciones aparecen en multitud de escenarios, desde el guiado de luz en fibras ópticas bajo condiciones de paraxialidad hasta los modelos de colapso gravitacional autoinducido, pasando por la descripción de la dinámica de condensados de Bose-Einstein o los efectos estocásticos de un entorno sobre el propio estado cuántico (movimiento cuántico browniano). Debido a este amplio rango de aplicaciones, el estudio de ecuaciones de Schrödinger no lineales y sus soluciones ha suscitado un gran interés en una gran variedad de campos de la Física actual en las últimas décadas.

El objetivo principal del trabajo que se propone es el de analizar y comprender el efecto que tienen la presencia de términos no lineales en la propagación de haces estructurados en términos generales, es decir, haces que pueden describir la propagación de luz (lo que se conoce como luz estructurada), pero también de ondas de materia, como electrones. Desde un punto de vista didáctico, lo que se pretende es que, partiendo de conocimientos que el/la estudiante ha ido adquiriendo paulatinamente a lo largo de sus estudios de Grado a través de diversas asignaturas, profundice en un tema de gran actualidad e interés en un amplio rango de áreas de la Física.

**Metodología:**

- Revisión bibliográfica.
- Estudio y desarrollo de teoría y, en la medida de lo posible (es decir, tanto como la teoría permita), de soluciones analíticas.
- Resolución numérica de ecuaciones de Schrödinger no lineales empleando programas basados en el método de propagación de haces en condiciones de paraxialidad. Se emplearán los programas desarrollados dentro del grupo.
- Estudio y análisis crítico de datos mediante el empleo de software especializado.
- Seguimiento de la evolución del trabajo mediante tutorías periódicas, con discusión crítica de los resultados en seminarios de grupo.

**Bibliografía:**

- "Structured light," A. Forbes, M. de Oliveira, and M. R. Dennis, *Nature Photonics* 15, 253 (2021).
- "Roadmap on structured waves," K. Y. Bliokh, E. Karimi, M. J. Padgett, et al., *Journal of Optics* 25, 103001 (2023).
- *The Nonlinear Schrödinger Equation*, G. Fibich (Springer, Heidelberg, 2015).



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2025-26



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Enfoque de haces vectoriales
<b>Title:</b>	Focusing of vector beams
<b>Tutor/es:</b>	Tatiana Alieva
<b>E-mail tutor/es:</b>	talieva@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

La distribución tridimensional de los campos electromagnéticos enfocados mediante objetivos de alta apertura numérica es un aspecto fundamental en diversas aplicaciones, como la microscopía, la manipulación óptica de micro y nanoobjetos (pinzas ópticas) y el almacenamiento de datos ópticos.

El propósito de este trabajo es comprender la física del enfoque de haces vectoriales, en los cuales la polarización desempeña un papel primordial. Para ello, se aplicará el formalismo matemático conocido a ciertos tipos de haces específicos y se compararán los resultados obtenidos con la solución correspondiente para haces paraxiales escalares. Además, se explorarán los métodos de generación de haces vectoriales y sus posibles aplicaciones.

**Metodología:**

Revisión bibliográfica sobre los conceptos fundamentales de los haces vectoriales, su enfoque, los métodos de generación y sus aplicaciones.

Análisis analítico o/y simulación numérica del enfoque de un haz vectorial, con una comparación respecto al caso de un haz escalar.

Redacción de la memoria del TFG.

**Bibliografía:**

B. Richards and E. Wolf , "Electromagnetic diffraction in optical systems, II. Structure of the image field in an aplanatic system," Proc. R. Soc. Lond. A253358–379 (1959)

K. S. Youngworth and T. G Brown, "Focusing of high numerical aperture cylindrical-vector beams," Opt. Express 7, 77-87 (2000)



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2025-26



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Computación óptica con Python
<b>Title:</b>	Optical computation with Python
<b>Tutor/es:</b>	Luis Miguel Sánchez Brea
<b>E-mail tutor/es:</b>	optbrea@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

El objetivo de este TFG es utilizar técnicas computacionales con Python para el estudio de fenómenos ópticos: polarización, interferencias, difracción, filtrado óptico, etc.

El profesor proporcionará módulos específicos, a partir de los cuales se desarrollarán ejemplos computacionales de fenómenos ópticos. Estos ejemplos se podrán desarrollar en en .py o en jupyter notebook.

Se espera que el alumno tenga cierta formación en computación (Python). Dependiendo del grado de conocimiento se utilizarán distintos módulos y técnicas: opencv, cython, multiprocessing, profiling, GUIs, etc...

## **Metodología:**

- Estudio de módulos científicos estándar (numpy, scipy, matplotlib, etc.)
- Estudio de módulos específicos para óptica.
- Desarrollo y análisis de ejemplos propios.

## **Bibliografía:**

- Tarek Ziadé “Expert Python Programming” Packt Publishing (2008) ISBN 978-1-847194-94-7
- Sandro Tosi “Matplotlib for Python Developers” Packt Publishing (2009) ISBN 978-1-847197-90-0
- Ayuda de los módulos: Librería estándar, numpy, scipy, matplotlib, sympy, mayavi, pyQT
- <https://diffractio.readthedocs.io>



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2025-26



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Polarimetría con Python
<b>Title:</b>	Polarimetry with Python
<b>Tutor/es:</b>	Jesús del Hoyo Muñoz
<b>E-mail tutor/es:</b>	jhoyo@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

El objetivo de este TFG es realizar simulaciones de cálculo numérico de experimentos sencillos de polarización y polarimetría usando Python.

Inicialmente, se realizará un estudio bibliográfico para aprender los fundamentos de los formalismos de Jones y de Stokes-Mueller en polarización. Después, se estudiará la polarimetría.

Por último, se desarrollará un software adecuado para la simulación con cálculo numérico usando `py_pol`, una herramienta de software libre desarrollada por el tutor del trabajo, para modelar experimentos sencillos de polarización y polarimetría.

### **Metodología:**

- Búsqueda bibliográfica sobre comunicaciones cuánticas
- Estudio de las herramientas de software que se van a emplear.
- Modelización de experimentos sencillos.

### **Bibliografía:**

- "Polarized light and the Mueller matrix approach", 2nd Ed., J. J. Gil, R. Ossikovski, CRC Press (2022)
- Documentación de py\_pol: <https://py-pol.readthedocs.io/en/master/>
- Python: <https://www.python.org/>.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2025-26

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Procesamiento de imagen mediante Deep Learning
<b>Title:</b>	Image processing with Deep Learning
<b>Tutor/es:</b>	Javier Vargas
<b>E-mail tutor/es:</b>	jvargas@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

Comprender el funcionamiento de las redes neuronales convolucionales y sus aplicaciones en procesamiento de imagen. Se realizará una aplicación sencilla de estas técnicas. Distintas variantes del trabajo pueden ser diseñar una red convolucional para clasificación o regresión de datos o para generar imágenes nuevas sintéticas a partir de la red.

Los objetivos y metodología de este trabajo coinciden con el TFG OPT26.

## **Metodología:**

El trabajo consistirá en los siguientes puntos:

1. Análisis del material proporcionado por el profesor. El profesor proporcionará a cada estudiante un material diferente.
2. Utilización de métodos de deep learning en aplicaciones sencillas de procesamiento de imagen. Se realizará en Matlab.
3. Análisis de los resultados.
4. Memoria y exposición de los resultados obtenidos.

**Conocimientos previos recomendados:** Conocimientos de Matlab

## **Bibliografía:**

[1] <https://matlabacademy.mathworks.com/es/details/deep-learning-onramp/deeplearning>

[2] <https://matlabacademy.mathworks.com/es/details/deep-learning-with-matlab/ml>

[3] <https://es.mathworks.com/campaigns/offers/deep-learning-examples-with-matlab.html>

[4] LeCun, Bengio, Hinton, Deep Learning, Nature 521 436-444 (2015)



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2025-26

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Luz estructurada
<b>Title:</b>	Structured light
<b>Tutor/es:</b>	Gemma Piquero Sanz
<b>E-mail tutor/es:</b>	piquero@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

A lo largo de su desarrollo histórico, la Óptica ha contado con un conjunto bien establecido de modelos teóricos que han demostrado ser eficaces para describir la luz. En la mayoría de los libros de Óptica, predominan las soluciones fundamentales, tales como ondas planas linealmente y uniformemente polarizadas en la sección transversal del haz o las ondas esféricas y cilíndricas. Estos modelos constituyen la base teórica de la Óptica clásica y son fundamentales para el diseño y el funcionamiento de los sistemas ópticos.

Sin embargo, en las últimas dos o tres décadas, la Óptica ha experimentado una expansión conceptual significativa, motivada tanto por nuevas capacidades tecnológicas como por desafíos emergentes en áreas como la manipulación óptica de partículas, el procesamiento y transferencia de información, en microscopia, polarimetría o en información cuántica. En este contexto, ha cobrado relevancia una nueva clase de campos conocida como "luz estructurada" o también referida como luz a medida, o campos de luz personalizados, adaptados a las necesidades específicas. Estas formas de luz se diseñan modificando parámetros como la amplitud, la fase, la polarización y el momento angular de la luz, entre otros.

En este trabajo se estudiarán distintas formas de producir "luz estructurada". Para algún caso concreto, además de analizar teóricamente el campo de luz generado se podrá realizar algún experimento.

**Metodología:**

- 1.- Revisión bibliográfica sobre luz estructurada. Modificación de la polarización, fase y coherencia.
- 2.- Aplicaciones de la luz estructurada.
- 3.- Posibilidad de diseño de algún experimento.
- 4.- Memoria y exposición de los resultados obtenidos.
- 5.- Otras actividades adicionales como asistencia a conferencias, seminarios y cursos. Cursos dirigidos a TFGs.

**Bibliografía:**

- [1] E. Hecht, Óptica, Addison-Wesley Iberoamerica, Madrid (2000).
- [2] J. M. Cabrera, F. J. Lopez y F. Agulló López, Óptica electromagnética, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, EE.UU. (1993).
- [3] David L. Andrews, Structured light and its applications, Academic Press (2008).
- [4] H. Rubinsztein-Dunlop<sup>1</sup>, *et. al.*, Roadmap on structured light J. Opt. 19 (2017) 013001 (51pp).
- [5] G. Piquero, *et. al.*, Synthesis and characterization of non-uniformly totally polarized light beams: tutorial, J. Opt. Soc. Am. A 37, 591-605 (2020).
- [6] O. V. Angelsky *et. al.*, Structured Light: Ideas and Concepts, Front. Phys., 8, 114 (2020).
- [7] A. Forbes *et al*, Structured Light, Nature Photonics 15 253 -262 (2021).|
- [8] O. V. Angelsky *et. al.*, Review on the structured light properties: rotational features and singularities, Opto-Electronics Review 30, e140860 (2022).



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2025-26



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Propagación superlumínica y sublumínica de pulsos ultracortos en el vacío
<b>Title:</b>	Superluminal and subluminal propagation of ultrashort pulses in vacuum
<b>Tutor/es:</b>	Oscar Martínez Matos
<b>E-mail tutor/es:</b>	omartine@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

Revisión bibliográfica de las técnicas actuales para generar pulsos de luz ultracortos que se propaguen (en el vacío) a velocidades por encima y por debajo de la velocidad de la luz en el vacío.

Se estudiarán los mecanismos físicos que permiten generar este tipo de dinámicas.

Se analizarán las aplicaciones actuales y potenciales de estos pulsos de luz.

**Metodología:**

- 1.- Revisión bibliográfica para encontrar las publicaciones científicas más relevantes en esta área de investigación que incluya: generación, dinámica y aplicaciones de pulsos ultracortos que se propagan a velocidades super y sub-lumínicas.
- 2.- Lectura y comprensión de las publicaciones más relevantes.
- 3.- Identificar los fundamentos físicos en los que se basa cada técnica y relacionarlos entre sí. Comparación de la dinámica de los pulsos.
- 4.- Identificar las aplicaciones actuales más relevantes de este tipo de pulsos y sus aplicaciones potenciales.
- 5.- Sintetizar y presentar de forma ordenada y lógica la información obtenida de la revisión bibliográfica.

**Bibliografía:**

- 1.- A. Santie-Marie et al., Controlling the velocity of ultrashort light pulses in vacuum through spatio-temporal couplings, *Optica* 4, 1298-1304 (2017)
- 2.- Dustin H. Froula et al., Spatiotemporal control of laser intensity, *Nat. Photonics* 12, 262-265 (2018)
- 3.- Z. Lee et al., Velocity and acceleration freely tunable straight-line propagation light bullet, *Sci. Rep.* 10, 11481 (2020)
- 4.- H. E. Kondacki et al., Optical space-time wave packets having arbitrary group velocities in free space, *Nat. Commun.* 10, 929 (2019)
- 5.- Hugo E. Hernández-Figueroa et al., *Localized Waves*, John Wiley & Sons, 2008
- 6.- C. Calzergues et al., Phase-locked laser-wakefield electron acceleration, *Nat. Photonics* 14, 475 (2020)



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2025-26



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	¿Se puede medir el índice de refracción de un material muy fino?: Fundamentos de elipsometría
<b>Title:</b>	Can the refractive index of a very thin material be measured?: Fundamentals of Ellipsometry
<b>Tutor/es:</b>	Rosa Weigand Talavera
<b>E-mail tutor/es:</b>	weigand@fis.ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

Entender que con la técnica elipsométrica se pueden determinar las propiedades ópticas de materiales masivos o en láminas delgadas de algunos angstrom de espesor.

**Metodología:**

El estudiante seguirá un texto básico de elipsometría.

Deberá entender y explicar los conceptos básicos de la elipsometría, así como los montajes más usuales.

Asimismo podrá consultar artículos básicos sobre el tema para ilustrar resultados en casos de interés.

Se podrán realizar simulaciones numéricas y/o realizar trabajo experimental.

**Bibliografía:**

1. Spectroscopic Ellipsometry and Reflectometry.

Harland G. Tompkins. William A. McGahan.

2. J. M. Cabrera, F. J. López, F. Agulló López, Óptica Electromagnética, Fundamentos. Addison-Wesley Iberoamericana 1993.



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2025-26



## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Interacción luz-materia: fundamentos y aplicaciones
<b>Title:</b>	Light-matter interaction: fundamentals and applications
<b>Tutor/es:</b>	José A. Rodrigo
<b>E-mail tutor/es:</b>	jarmar@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación directa

### Objetivos:

Estudio y comprensión de los fundamentos de la interacción luz-materia y sus aplicaciones.

Los objetivos y metodología de este trabajo coinciden con el TFG OPT18.

### **Metodología:**

1. Revisión bibliográfica de conceptos fundamentales sobre la interacción luz-materia y sus aplicaciones en el contexto de la Óptica Física.
2. Estudio de diferentes técnicas de interés tecnológico que exploten la interacción luz-materia, por ejemplo: trampas láser para manipulación de átomos y nano/micro-partículas, plasmónica, micro-mecanizado de materiales con láser, etc.
3. Cada estudiante elegirá un tema diferente, a partir de esta lista (punto 2) y tras realizar un estudio inicial de la bibliografía indicada en este documento. Búsqueda y estudio de bibliografía actual (artículos de investigación) especializada relacionada con el tema elegido.
4. Redacción de la memoria y discusión de resultados.

### **Bibliografía:**

1. Ashkin, A. Optical Trapping and Manipulation of Neutral Particles Using Lasers: A Reprint Volume With Commentaries (World Scientific Publishing Company, 2006).
2. Iida, T. & Ishihara, H. Theory of resonant radiation force exerted on nanostructures by optical excitation of their quantum states: From microscopic to macroscopic descriptions. Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys. 77, 116 (2008).
3. Chu, S., Hollberg, L., Bjorkholm, J. E., Cable, A. & Ashkin, A. Three-dimensional viscous confinement and cooling of atoms by resonance radiation pressure. Phys. Rev. Lett. 55, 4851 (1985).
4. Gattass, R. R. & Mazur, E. Femtosecond laser micromachining in transparent materials. Nat. Photon. 2, 219225 (2008).



# FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2025-26

## Ficha de Trabajo de Fin de Grado

<b>Departamento:</b>	Óptica
<b>Título:</b>	Dispositivos pasivos de fibra óptica. Caracterización
<b>Title:</b>	Fiber optic passive devices. Characterization
<b>Tutor/es:</b>	M <sup>a</sup> Cruz Navarrete Fernández
<b>E-mail tutor/es:</b>	mnavarr@ucm.es
<b>Número de plazas:</b>	1
<b>Asignación de TFG:</b>	Asignación por expediente

### Objetivos:

Entender el funcionamiento de algunos dispositivos pasivos de fibra óptica utilizados en una red de comunicaciones.

Para unos de ellos, buscar experimentalmente sus parámetros característicos

**Metodología:**

Se hará una búsqueda bibliográfica para estudiar el funcionamiento de los dispositivos de fibra óptica involucrados en una red, cuáles son sus funciones y sus parámetros característicos. Se centrará sobre todo el estudio de uno de los dispositivos (como puede ser un acoplador direccional, un circulador, un polarizador) y se caracterizará en el laboratorio.

**Bibliografía:**

- Optical Fiber Communications, 4th ed. Gerd Keiser, Tata McGraw-Hill.
- Fundamentos de Comunicaciones Ópticas, J. Capmany, F.J. Fraile-Peláez, J. Martí, Ed. Síntesis.
- Dispositivos de Comunicaciones Ópticas, J. Capmany, F.J. Fraile-Peláez, J. Martí, Ed. Síntesis.
- Optical Waveguide Theory, A.W. Snyder (Capman and Hall).
- Fundamental of Optical Waweguide, K. Okamoto (Elsevier).