



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica	
TÍTULO:	Técnicas de obtención de imágenes biomédicas con tubo de rayos X de micro-foco	
TITLE:	Biomedical imaging techniques with micro-focus X ray tube	
SUPERVISOR/ES:	Tatiana Alieva	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Aprender diferentes métodos de formación de imágenes biomédicas con tubo de rayos X.
Poder valorar sus aplicaciones en un equipo concreto.

METODOLOGÍA:

1. Revisión bibliográfica de conceptos fundamentales de obtención de imagen empleando radiación de rayos X procedente de una fuente de rayos X de microfoco.
2. Estudio de diferentes técnicas de formación de imágenes. Análisis de sus ventajas y limitaciones.
3. Búsqueda de bibliografía actual (artículos de investigación) relacionada con el trabajo.
4. Análisis de imágenes obtenidas en CAI UCM.
5. Memoria y exposición de los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. K. A. Nugent. Coherent methods in the X-ray sciences. *Advances in Physics*, 59(1):1–99, 2009, doi:10.1080/00018730903270926.
2. H. N. Chapman and K. A. Nugent, Coherent lensless X-ray imaging, *Nat. Photonics* 4, 833 (2010), doi: 10.1038/nphoton.2010.240
3. J. Rueckel, M. Stockmar, F. Pfeiffer, J. Herzen, Spatial resolution characterization of a X-ray microCT system, *Applied Radiation and Isotopes* 94, 230–234 (2014).
4. A. Plessis, C. Broeckhoven, A. Guelpa, and S. Gerhard le Roux, Laboratory x-ray micro-computed tomography: a user guideline for biological samples, *GigaScience* 6, 1–11 (2017)
5. T. J. Davis, D. Gao, T. E. Gureyev, A. W. Stevenson and S. W. Wilkins, Phase contrast imaging of weakly absorbing materials using hard X-rays, *Nature* 373, 595–598 (1995).
6. P. C. Diemoz, A. Bravin, and P. Coan, Theoretical comparison of three X-ray phase-contrast imaging techniques: propagation-based imaging, analyzer-based imaging and grating interferometry. *Opt. Express* 20, 2789–2805 (2012).
7. H. Wang, Y. Kashyap and K. Sawhney, From synchrotron radiation to lab source: advanced speckle-based X-ray imaging using abrasive paper, *Sci. Rep.* 6, 20476 (2016), DOI: 10.1038/srep20476



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica
TÍTULO:	Obtención y procesamiento de imágenes biomédicas con tubo de rayos X de micro-foco
TITLE:	Acquisition and processing of biomedical images with micro-focus X ray tube
SUPERVISOR/ES:	Tatiana Alieva
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Entender el proceso de formación de imágenes 3D biomédicas con un tubo de rayos X de micro-foco. Poder aplicar los métodos de análisis de imágenes.

METODOLOGÍA:

1. Revisión bibliográfica de conceptos fundamentales de obtención de imagen empleando radiación de rayos X procedente de una fuente de rayos X de microfoco.
2. Estudio de diferentes condiciones experimentales. Análisis de sus ventajas y limitaciones.
3. Búsqueda de bibliografía actual (artículos de investigación) relacionada con el trabajo.
4. Análisis de imágenes obtenidas en CAI UCM con Fiji.
5. Memoria y exposición de los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. K. A. Nugent. Coherent methods in the X-ray sciences. *Advances in Physics*, 59, 1–99 (2009).
2. H. N. Chapman and K. A. Nugent, Coherent lensless X-ray imaging, *Nat. Photonics* 4, 833 (2010).
3. J. Rueckel, M. Stockmar, F. Pfeiffer, J. Herzen, Spatial resolution characterization of a X-ray microCT system, *Applied Radiation and Isotopes* 94, 230–234 (2014).
4. A. Plessis, C. Broeckhoven, A. Guelpa, and S. Gerhard le Roux, Laboratory x-ray micro-computed tomography: a user guideline for biological samples, *GigaScience* 6, 1–11 (2017).
5. R Mizutani, Y Suzuki, X-ray microtomography in biology, *Micron* 43, 104-115 (2012).
6. A. Sheppard, et al., Techniques in helical scanning, dynamic imaging and image segmentation for improved quantitative analysis with X-ray micro-CT, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 324, 49-56 (2014).
7. Y. I. Nesterets T. E. Gureyev and M. R. Dimmock, Optimisation of a propagation-based x-ray phase-contrast micro-CT system, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 51,115402 (2018).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	ÓPTICA	
TÍTULO:	Computación óptica con Python	
TITLE:	Optical computation with Python	
SUPERVISOR/ES:	Jesús del Hoyo Muñoz	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa X	Selección por expediente

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:

- Hans Petter Langtangen “Python Scripting for Computational Science” (2008) ISBN 978-3-540-73915-9
- 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



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	ÓPTICA	
TÍTULO:	Moduladores espaciales de luz para el desarrollo de elementos ópticos difractivos	
TITLE:	Spatial Light Modulators for development of Diffractive Optical Elements	
SUPERVISOR/ES:	Luis Miguel Sánchez Brea	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa X	Selección por expediente

OBJETIVOS:

En Óptica es esencial modular la propiedades de la luz para que esta se comporte de la forma deseada. Los Moduladores Espaciales de Luz (SLM, Spatial Light Modulators) son sistemas optoelectrónicos con una disposición matricial de forma que cada píxel se puede controlar de forma independiente. Sus aplicaciones en el ámbito de la investigación y la industria son enormes.

El objetivo de este TFG es

- Comprender el funcionamiento de un Modulador Espacial de luz.
- Saber utilizar de forma experimental un SLM.
- Desarrollar diversos elementos ópticos difractivos utilizando un SLM.

METODOLOGÍA:

- Estudio teórico del funcionamiento de los SLM.
- Uso experimental de SLM.
- Aplicaciones para el diseño de elementos ópticos difractivos.

BIBLIOGRAFÍA:

Carmelo Rosales-Guzmán; Andrew Forbes "How to Shape Light with Spatial Light Modulators SPIE press (2017) <https://doi.org/10.1117/3.2281295>

Slinger, C.; Cameron, C.; Stanley, M.; "Computer-Generated Holography as a Generic Display Technology", IEEE Computer, Volume 38, Issue 8, Aug. 2005, pp 46–53 (<http://www.macs.hw.ac.uk/modules/F24VS2/Resources/Holography.pdf>)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica
TÍTULO:	Criptografía cuántica
TITLE:	Quantum Cryptography
SUPERVISOR/ES:	Ángel S. Sanz Ortiz
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Estudio y análisis a un nivel introductorio de la criptografía cuántica, en el que se abordarán aspectos tales como la importancia e interés de esta tecnología cuántica, los protocolos criptográficos desarrollados hasta la fecha, la eficiencia y principales diferencias entre los mismos, o la base formal de alguno de ellos y su operatividad.

METODOLOGÍA:

- Revisión bibliográfica y estado actual del tema.
- Análisis de los protocolos criptográficos más conocidos y empleados en la actualidad.
- Estudio de los métodos experimentales de producción y distribución de claves cuánticas (*quantum key distribution*).

BIBLIOGRAFÍA:

- *The Physics of Quantum Information: Quantum Cryptography, Quantum Teleportation, Quantum Computation*, D. Bouwmeester, A. Ekert, A. Zeilinger, Eds. (Springer, Berlin, 2000).
- *Quantum Computation and Quantum Information*, M. A. Nielsen, I. L. Chuang (Cambridge University Press, Cambridge, 2004).
- "Light for the quantum. Entangled photons and their applications: a very personal perspective," A. Zeilinger, *Phys. Scr.* **92**, 072501 (2017).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica	
TÍTULO:	¿Óptica ondulatoria vs óptica geométrica?	
TITLE:	Wave physics vs geometrical physics?	
SUPERVISOR/ES:	Ángel S. Sanz Ortiz	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Estudio teórico y numérico que pretende analizar la transición entre las descripciones ondulatoria y geométrica de la luz a partir del papel que juega la fase de los campos electromagnéticos involucrados, tanto en lo que se refiere a manifestaciones de tipo interferencial (coherencia), como energético (flujo de radiación), en procesos de difracción.

METODOLOGÍA:

- Revisión bibliográfica y estado actual del tema.
- Análisis teórico generalizado de la difracción experimentada por diversos tipos de haces.
- Simulación numérica (apoyada en el uso de Fortran) de procesos difractivos y sus dinámicas en términos de diversos parámetros.

BIBLIOGRAFÍA:

- *Physics of Waves*, W. C. Elmore and M. A. Heald (Dover, New York, 1985).
- "Single-slit Fresnel diffraction patterns: Comparison of experimental and theoretical results," F. S. Harris Jr., S. Michael, S. Tavenner, R. L. Mitchell, *J. Opt. Soc. Am.* **59**, 293 (1969).
- "Single-slit diffraction: Transitioning from geometric optics to the Fraunhofer regime," Ch. L. Panuski, C. E. Mungan, *Phys. Teacher* **54**, 356 (2016).
- "Geometrical, Fresnel, and Fraunhofer regimes of single-slit diffraction," M. Davidovic, M. Bozic, *Phys. Teacher* **57**, 176 (2019).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica
TÍTULO:	Luz no clásica, definición, tipos, propiedades y aplicaciones.
TITLE:	Nonclassical light, definition, types, properties, and applications
SUPERVISOR/ES:	Alfredo Luis Aina
NÚMERO DE PLAZAS:	4
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS: El encuentro de óptica y cuántica produce maravillas que no caben en la óptica clásica: como aleatoriedad sin probabilidades, gatos zombis que no están ni vivos ni muertos, luz del vacío y visión sin luz. Todo un desafío para nuestra intuición física. ¿Juega la naturaleza un juego de dados que nunca podremos entender? Vale la pena investigar qué es la luz no clásica, sus propiedades, y buscar herramientas que sean capaces de capturar todo su misterio y belleza y nos acerquen a la comprensión del universo que buscamos como físicos.



METODOLOGÍA: El trabajo es de carácter teórico. Las tareas a realizar serán: Análisis de la existencia de estados de luz clásicos y no clásicos, sus propiedades distintivas y aplicaciones. Los objetivos y tareas detalladas se concretarán de acuerdo con las sugerencias e intereses particulares de los alumnos. A modo de ilustración se pueden encontrar en este enlace los trabajos realizados en cursos anteriores: <http://webs.ucm.es/info/gioq/docencia/trabajos/trabajos.html>

BIBLIOGRAFÍA:

A. Luis, *Coherencia clásica y cuántica: Estados Zombis* <https://www.ucm.es/qo/fc>
R. Galazo, I. Bartolomé, L. Ares, A. Luis, *Classical and quantum complementarity, impossible distributions and how much quantumness is truly quantum* [arXiv:1811.12636](https://arxiv.org/abs/1811.12636)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Departamento de Óptica
TÍTULO:	Implementación de 4D Armónicos Hiperesféricos y su uso en la reconstrucción tridimensional de macromoléculas mediante criomicroscopía electrónica
TITLE:	Implementation of 4D Hyperspherical harmonics and its use in the 3D reconstruction of macromolecules using cryoelectron microscopy
SUPERVISOR/ES:	Javier Vargas
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

La biología es actualmente uno de los campos científicos con mayor nivel de acumulación de conocimientos debido a los descubrimientos celulares, moleculares y genéticos que se están llevando a cabo. El análisis de estas grandes cantidades de datos es particularmente poderoso cuando se pueden interpretar de una forma gráfica mediante imágenes que representen cómo se producen los diferentes eventos a nivel celular y a nivel molecular. Esto nos lleva a imágenes de objetos en el rango microscópico. Existen diversas técnicas de adquisición de esta información, cada vez más potentes, pero cuyas imágenes deben ser procesadas para poder destacar aquella parte de la información más relevante. La criomicroscopía electrónica es una técnica que permite obtener reconstrucciones 3D de macromoléculas como proteínas o virus a alta resolución, siendo actualmente el límite de esta técnica 1.54 Å de resolución. En mi grupo de investigación nos centramos en el **procesamiento de estas imágenes** con la finalidad de obtener información estructural de los **objetos biológicos**, mediante su reconstrucción tridimensional. Una vez realizadas las reconstrucciones, es muy importante poder comparar distintos volúmenes obtenidos ("**shape matching**") [1] de forma rápida y mediante métodos invariantes a rotaciones. Los armónicos esféricos [2] han dado muy buenos resultados en otros campos, aunque su uso está limitado a representación de superficies y no de volúmenes (4D).

El objetivo de este trabajo es la implementación de estos **armónicos hiperesféricos en Matlab/Python** y explorar su uso en biología estructural usando datos obtenidos en el microscopio electrónico.

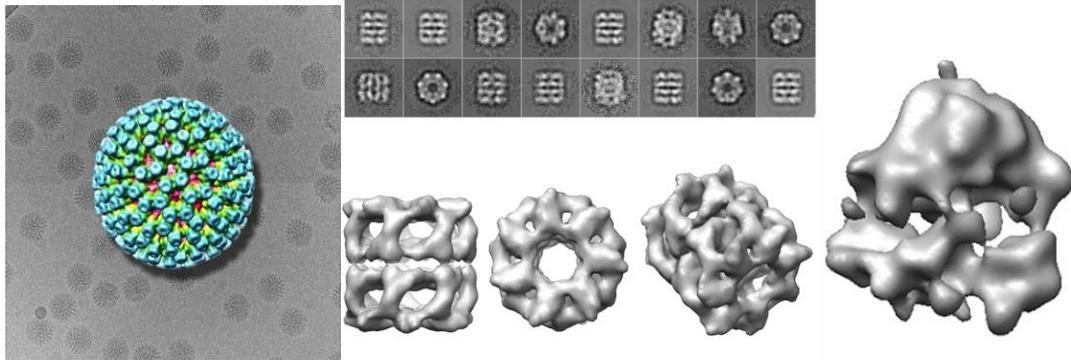


Figura 1. Reconstrucciones tridimensionales del virus del papiloma bovino, GroEL (b) y un ribosoma.

METODOLOGÍA:

El trabajo consistirá en los siguientes puntos:

1. Estudio de la publicación [3]
2. Implementación de los Armónicos Hiperesféricos descritos en [3] en Matlab y Python
3. Aplicación de los Armónicos Hiperesféricos para describir distintas reconstrucciones de macromoléculas (virus, ribosoma, ...).
4. Analizar las limitaciones de la base en términos computacionales (tiempo/memoria requerida).

Conocimientos previos recomendados:

-Conocimientos de Matlab y Python (Numpy)

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] Pedro A. De-Alarcon, Alberto Pascual-Montano, Amarnath Gupta, and Jose M. Carazo, "Modeling Shape and Topology of Low-Resolution Density Maps of Biological Macromolecules" *Biophysical Journal*, 83, 2002 619–632
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Spherical_harmonics
- [3] A. P. Hosseinbor, M. K. Chung, S. M. Schaefer, C. M. van Reekum, L. Peschke-Schmitz, M. Sutterer, A. L. Alexander and R. J. Davidson, "4D Hyperspherical Harmonic (HyperSPHARM) Representation of Multiple Disconnected Brain Subcortical Structures", in part I, LNCS 8149, pp. 598–605, 2013



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica	
TÍTULO:	Holografía analógica y aplicaciones	
TITLE:	Analogic holography and applications	
SUPERVISOR/ES:	Óscar Martínez Matos	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Estudio, comprensión y aplicaciones del proceso holográfico

METODOLOGÍA:

- 1.- Revisión bibliográfica: el método holográfico: registro y lectura de hologramas. Propiedades de la imagen reconstruida. Tipos de hologramas.
- 2.- Realización experimental de hologramas de transmisión o/y reflexión y aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] J. W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, Ed. Roberts&Company, Colorado, USA (2005).
- [2] P. Hariharan, Basics of holography, Cambridge University Press, New York, USA (2002).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Optica	
TÍTULO:	¿Cómo se construye un láser?	
TITLE:	How do you build a laser?	
SUPERVISOR/ES:	Rosa Weigand	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> X	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El alumno se familiarizará con los conceptos básicos sobre la construcción de láseres: Identificará las propiedades que debe tener un material para poder ser un material láser, entenderá el concepto de resonador óptico y diferenciará los conceptos de oscilador y amplificador.

METODOLOGÍA:

El alumno seguirá un libro básico sobre láseres para abordar los objetivos descritos arriba.

Asimismo podrá realizar una búsqueda bibliográfica sobre artículos didácticos sobre el tema.

Dependiendo de su interés, podría ilustrar el tema con la construcción de un láser sencillo o modelizando las ecuaciones que describen la dinámica temporal del dispositivo láser.

BIBLIOGRAFÍA:

O. Svelto, "Principles of Lasers", 5ª edición, Springer 2010



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Optica	
TÍTULO:	Qué pasa cuando la luz es muy intensa: fundamentos de óptica no lineal	
TITLE:	What happens at high light intensities: fundamentals of nonlinear optics	
SUPERVISOR/ES:	Rosa Weigand	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El alumno se familiarizará con el hecho de que cuando la radiación es intensa los fenómenos ópticos son distintos de los que estamos acostumbrados a observar en el día a día. Abordará la formulación básica clásica que describe este régimen de interacción de la radiación con la materia y explicará alguno de los fenómenos a que da lugar (por ejemplo generación de nuevas frecuencias, absorción de dos fotones....).

METODOLOGÍA:

El alumno seguirá un libro básico sobre óptica no lineal para abordar los objetivos descritos arriba.

Asimismo podrá realizar una búsqueda bibliográfica sobre artículos didácticos sobre el tema.

Dependiendo de su interés, podría ilustrar el tema con algún experimento sencillo de un fenómeno óptico no lineal.

BIBLIOGRAFÍA:

G. New, "Introduction to Nonlinear Optics", Cambridge University Press, 2011



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Optica
TÍTULO:	Fotografía computacional, Imágenes de alto rango dinámico (HDR)
TITLE:	Computational photography, high dynamic range (HDR) images
SUPERVISOR/ES:	J. A. Quiroga
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

En muchas aplicaciones como la astro-fotografía o la caracterización de haces láser, las cámaras convencionales no tienen suficiente rango dinámico como para poder capturar en una sola imagen, con un único tiempo de exposición, todos los detalles relevantes de la escena. El objetivo de este proyecto es la familiarización e implementación de un método para la síntesis de imágenes de alto rango dinámico o HDR (High Dynamic Range). El HDR consiste en tomar diferentes imágenes de una misma escena a diferentes tiempos de integración y sintetizar una imagen digital final usando la información contenida en cada una de las capturas. Para esto se usará alguna herramienta (como MATLAB) que use las imágenes de prueba de referencia [1] para implementar el método HDR para luego, mediante este programa, sintetizar una imagen HDR con imágenes digitales propias. Como resultado secundario se espera la obtención de las curvas de respuesta del sistema de captura de imágenes

METODOLOGÍA:

El alumno trabajará de forma autónoma con las referencias y tras familiarizarse con el tema se procederá a realizar un documento sobre estado del arte mediante una



búsqueda de bibliografía relevante.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] <http://cybertron.cg.tu-berlin.de/eitz/hdr/#downloads>

[2] <http://www.stuckincustoms.com/hdr-tutorial/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	ÓPTICA
TÍTULO:	Polarización de la luz
TITLE:	Polarized light
SUPERVISOR/ES:	Gemma Piquero
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Revisión de los conceptos fundamentales sobre luz totalmente polarizada y por otro lado estudio de algunos conceptos más avanzados sobre luz parcialmente polarizada y/o no uniformemente polarizada, así como de diversas aplicaciones, interferencias con luz polarizada, polarimetría, actividad óptica natural, propagación en medios anisótropos, despolarización, etc.

Obtención de imágenes / experimentos relacionados con la polarización de la luz.

METODOLOGÍA:

- 1.- Revisión bibliográfica, por una parte de los conceptos fundamentales sobre luz totalmente polarizada así como sobre luz parcialmente polarizada y/o no uniformemente polarizada.
- 2.- Aplicaciones de la polarización.
- 4.- Diseño de experimentos sencillos.
- 5.- Memoria y exposición de los resultados obtenidos.
- 6.- Otras actividades adicionales como asistencia a conferencias, seminarios y cursos. Cursos de la biblioteca dirigidos a TFG.

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] A. Jenkins y H. E. White, Fundamental of optics (McGraw-Hill, New York, EE.UU., 1976).
- [4] G. R. Fowles. Introduction to Modern Optics, Dover, New York (1989). American Journal of Physics, Physics Education, The Physics Teacher



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica
TÍTULO:	Interacción luz-materia: fundamentos y aplicaciones
TITLE:	Light-matter interaction: fundamentals and applications
SUPERVISOR/ES:	José A. Rodrigo
NÚMERO DE PLAZAS:	3
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

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

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. Búsqueda de bibliografía actual (artículos de investigación) relacionada con las aplicaciones.
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**, 1–16 (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**, 48–51 (1985).
4. Gattass, R. R. & Mazur, E. Femtosecond laser micromachining in transparent materials. *Nat. Photon.* **2**, 219–225 (2008).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica
TÍTULO:	Información de Fisher y límites cuánticos
TITLE:	Fisher information and quantum limits
SUPERVISOR/ES:	Luis Lorenzo Sánchez Soto
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Introducción a los aspectos básicos de geometría de la información, con especial énfasis en la información de Fisher, y aplicación de dichas técnicas a caracterizar los límites cuánticos de diversos sistemas.

METODOLOGÍA:

La información de Fisher mide de forma eficiente la información que una variable aleatoria observable X lleva sobre un parámetro desconocido θ que se desea estimar. Precisamente, la cota de Cramér-Rao da la varianza mínima que puede alcanzar un estimador de θ .

Estos conceptos se pueden trasladar de forma directa al formalismo de la mecánica cuántica. En este caso, podemos entender el proceso de medida como el de estimación del valor más probable de la magnitud. Por tanto, podemos entender la cota de Cramér-Rao como una especie de principio de indeterminación generalizado.

Puesto que muchos problemas en óptica cuántica se pueden plantear como un proceso de estimación óptima de una variable, las técnicas anteriores pueden ser utilizadas para establecer los límites últimos en la precisión del sistema. Este es el caso de la resolución de un sistema óptico, la resolución temporal en un sistema GPS, etc. Dichos límites cuánticos serán el objeto de este TFG.

BIBLIOGRAFÍA:

- C. R. Rao, *Linear Statistical Inference and its Applications* (Wiley, New York, 2005).
- D. Petz, C. Ghinea, *Introduction to quantum Fisher information* (Springer, Berlin, 2011)
- M. A. Paris, J. Rehacek, *Quantum state estimation* (Springer, Berlin, 2004).



- J. S. Sidhua, P. Kok, "Geometric perspective on quantum parameter estimation"
AVS Quantum Sci. 2, 014701 (2020).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	ÓPTICA	
TÍTULO:	Procesado de imágenes con técnicas de Visión Artificial.	
TITLE:	<i>Image processing application with Artificial Vision</i>	
SUPERVISOR/ES:	HECTOR CANABAL	
NÚMERO DE PLAZAS:	2	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/>	Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Implementar una aplicación sencilla de visión artificial, o procesado de imágenes, utilizando técnicas de inteligencia artificial tales como redes neurales [1] o aprendizaje profundo [2], comprendiendo todos los pasos necesarios (diseño, entrenamiento, validación).

METODOLOGÍA:

La aplicación concreta es de libre elección por el estudiante según sus intereses. Puede ser una aplicación de visión artificial (por ejemplo: clasificar, etiquetar, detectar, medir parametrizar) o de procesado de imágenes (por ejemplo: filtrar, deformar, mejorar, reconstruir, re-enfocar).

Existe la posibilidad de a) abordar un problema de propio, b) partir de un problema previamente analizado con técnicas convencionales [3] o c) tomar una aplicación ya realizada con inteligencia artificial [4, 5, 6] y replicar su implementación intentando mejorarla.

En la etapa de entrenamiento de los algoritmos es crucial disponer de una numerosa cantidad de imágenes depuradas. Aunque parte del trabajo podría consistir en la construcción o refinamiento de la base de datos de imágenes se sugiere utilizar datos generados por ordenador o bases de datos de imágenes de libre acceso [7].

Para una acción tutorial efectiva la herramienta de trabajo principal deberá ser Matlab junto con sus *toolboxes* especializadas: *image processing*, *deep learning*, *computer visión*, *neural networks*.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] [Neural Networks with Matlab.](#)

[2] [Deep learning with Matlab.](#)

[3] [Automatic screening and classification of diabetic retinopathy and maculopathy using fuzzy image processing.](#)

[4] [Deep Neural Networks Based Recognition of Plant Diseases by Leaf Image.](#)

[5] [Simple Deep Learning Network for Classification.](#)

[6] [COVID-19: Face Mask Detector with OpenCV, Keras/TensorFlow, and Deep Learning](#)

[7] [List of datasets for machine learning research](#)



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica
TÍTULO:	Difracción
TITLE:	Diffraction
SUPERVISOR/ES:	Julio Serna Galán
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input checked="" type="checkbox"/> Selección por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Recopilación de información sobre el fenómeno de la difracción.

Realización de un programa informático que realice algún cálculo relacionado con la difracción.

Obtención de imágenes / experimentos relacionados con la difracción.

El objetivo concreto se ajustará teniendo en cuenta los intereses del alumno.

METODOLOGÍA:

Se hará una recopilación de las bases de la teoría de la difracción en libros de texto.

Se hará una búsqueda bibliográfica para fijar los aspectos concretos que se estudiarán. En su caso se desarrollará un programa informático y/o unos experimentos básicos.

BIBLIOGRAFÍA:

- E. Hecht y A. Zajac, *Óptica*.
- J. Goodman, *Introduction to Fourier Optics*.
- American Journal of Physics, Physics Education, The Physics Teacher.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica	
TÍTULO:	Haces Airy y su aplicación al estudio de plasmones de superficie	
TITLE:	Airy beams and its application to surface plasmon analysis	
SUPERVISOR/ES:	Rosario Martínez Herrero	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Aplicar los haces Airy en su versión monodimensional al análisis de los plasmones superficiales generados en una interfaz dieléctrico/metal.

El trabajo es teórico

METODOLOGÍA:

- 1.-Revisión de las propiedades de los haces Airy.
- 2.- Revisión de los plasmones de superficie generados en una interfaz dieléctrico/metal en aproximación paraxial
- 3.- Aplicación de los haces Airy en el estudio de los plasmones de superficie en las condiciones del apartado anterior
- 4.- Memoria y exposición de los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Efremidis, Nikolaos K., et al. "Airy beams and accelerating waves: an overview of recent advances." *Optica* 6.5 (2019): 686-701.
2. Martínez-Herrero, Rosario, Alejandro Manjavacas. "Basis for paraxial surface-plasmon-polariton packets." *Physical Review A* 94.6 (2016): 063829.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica	
TÍTULO:	Pinzas ópticas	
TITLE:	Optical Tweezers	
SUPERVISOR/ES:	Tatiana Alieva	
NÚMERO DE PLAZAS:	1	
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/>	Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

Aprender el funcionamiento de pinzas ópticas. Poder calcular y analizar las fuerzas de atrapamiento y propulsión ejercidas por un haz a una partícula. Conocer las aplicaciones de pinzas ópticas.

METODOLOGÍA:

1. Revisión bibliográfica de conceptos fundamentales de atrapamiento de micro- y nano-partículas.
2. Análisis de fuerzas en aproximación dipolar.
3. Cálculo de fuerzas de atrapamiento y propulsión ejercidas por un haz a una nano-partícula. Análisis de los resultados.
4. Búsqueda de bibliografía actual (artículos de investigación) relacionada con desarrollo y aplicaciones de pinzas ópticas.
5. Memoria y exposición de los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. I. Verdeny, A. Farré, J. Mas, C. López-Quesada, E. Martín-Badosa, M. Montes-Usategui, Optical trapping: A review of essential concepts, *Optica pura y aplicada* 44, 527-5512 (2011).
2. I. A. Favre-Bulle, A. B. Stilgoe, E. K. Scott and H. Rubinsztein-Dunlop, Optical trapping in vivo: theory, practice, and applications, *Nanophotonics* 8, 1023–1040 (2019).
3. P. Z. Emánek, G. Volpe, A. Jonas, and O. Brzobahaty, Perspective on light-induced transport of particles: from optical forces to phoretic motion, *Advances in Optics and Photonics* 11, 577-678 (2019).
4. M. Siler and P. Zemanek, *Optical forces in a non-diffracting vortex beam*, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 126, 78–83 (2013).



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2020-21

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Óptica
TÍTULO:	Fotografía Computacional, modelo proyectivo de formación de imágenes
TITLE:	Computational photography, projective model for image formation
SUPERVISOR/ES:	J. A. Quiroga
NÚMERO DE PLAZAS:	1
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa <input type="checkbox"/> Selección por expediente <input checked="" type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El trabajo pretende introducir al alumno en el mundo de la fotografía computacional. En particular en el modelo proyectivo (pinole) de formación de imágenes. Este modelo es de utilidad en robótica y metrología óptica. Este modelo difiere del modelo refractivo tratado en óptica. El alumno estudiará la ligadura entre el modelo de formación de imágenes refractivo paraxial y el modelo proyectivo. Así mismo también se estudiará el proceso de calibración de una cámara de acuerdo con el modelo proyectivo. Para esto se podrá usar MATLAB u otra herramienta apropiada.

METODOLOGÍA:

El alumno trabajará de forma autónoma con las referencias y tras familiarizarse con el tema se procederá a realizar un documento sobre estado del arte mediante una búsqueda de bibliografía relevante. El trabajo también incluirá la calibración una cámara de acuerdo al modelo proyectivo.



BIBLIOGRAFÍA:

- Camera calibration toolbox for MATLAB
http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/
- Visión por computador: imágenes digitales y aplicaciones, Gonzalo Pajares
Martinsanz, Jesús Manuel de la Cruz García, ed. Ra-Ma, 2008