

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Campos escalares acoplados a la gravitación en Cosmología

Plazas:

3

Objetivos:

Estudiar la descripción matemática de campos escalares acoplados a la gravitación.

Estudiar analítica y numéricamente las aplicaciones de estos campos escalares a modelos de inflación y de energía oscura.

Estudiar las posibilidades de discriminar entre distintos modelos usando los datos experimentales disponibles.

Metodología:

Cálculo simbólico y cálculo numérico.

Actividades  
Formativas

Los estudiantes podrán acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que les oriente en sus trabajos.

Bibliografía:

1 V. Mukhanov, *Physical Foundations of Cosmology*, Cambridge (2005).

1 S. Weinberg, *Cosmology*, Oxford (2008).

2 D. Baumann, *TASI Lectures on Inflation*, arXiv:0907.5424 (2009).

3 L. Amendola and S. Tsujikawa, *Dark Energy*, Cambridge (2010).

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Física cuántica en sistemas abiertos

Plazas:

4

Objetivos:

- Introducir al alumno en la teoría de los sistemas cuánticos abiertos, es decir aquellos sistemas cuánticos que intercambian información con el ambiente.
- Indagar en el tipo de efectos que causa la interacción con el ambiente sobre un sistema cuántico, tales como la decoherencia, la pérdida de entrelazamiento, la degradación de la información, o la transición del régimen cuántico al clásico.
- Familiarizarse con el formalismo, los conceptos fundamentales y alguna de las técnicas básicas que se emplean para describir estos efectos.

Metodología:

Se recomienda que el alumno haya cursado/esté cursando las asignaturas de "Mecánica Cuántica", "Física Atómica y Molecular" y "Coherencia Óptica y Laser".

El alumno dedicará tiempo a revisar la literatura a fin de comprender los conceptos implicados. Deberá entender la descripción formal de fenómenos fundamentales de la teoría cuántica como la coherencia y el entrelazamiento. Después de familiarizarse con la teoría, se espera que pueda analizar la dinámica de algún sistema sencillo. Este trabajo pretende complementar la formación en física cuántica que se ve en el grado, proporcionando al alumno un acercamiento a la física de un sistema cuántico en condiciones reales de falta de aislamiento. Cuestión ésta de especial relevancia en el desarrollo de nuevas tecnologías cuánticas.

Actividades  
Formativas

Asistencia a seminarios y tutorías.

Bibliografia:

- A. Rivas, S. F. Huelga, "Open Quantum Systems. An Introduction", Springer 2012. (<https://arxiv.org/abs/1104.5242>)
- H.-P Breuer, F. Petruccione, "The Theory of Open Quantum Systems", Oxford University Press, 2002.
- C. W. Gardiner and P. Zoller, "Quantum Noise", Springer, 2004.
- M. A. Schlosshauer, "Decoherence and the Quantum-to-Classical Transition", Springer, 2007.

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Solución de ecuaciones diferenciales ordinarias mediante transformaciones integrales en el plano complejo

Plazas:

4

Objetivos:

Estudiar métodos de solución de ecuaciones diferenciales ordinarias mediante transformaciones integrales en el plano complejo.

Estudiar métodos de cálculo de desarrollos asintóticos de dichas soluciones.

Aplicar los métodos anteriores a las ecuaciones clásicas de la Física Matemática.

Metodología:

Cálculo simbólico y cálculo numérico.

Actividades  
Formativas

Los estudiantes podrán acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que les oriente en sus trabajos.

Bibliografía:

- 1 E. L. Ince, *Ordinary Differential Equations*, Dover (2003).
- 2 M. Abramowitz and I. A. Stegun, *Handbook of Mathematical Functions*, Dover (1972).
- 3 N. Bleistein and R. A. Handelsman, *Asymptotic Expansions of Integrals*, Dover (1986).
- 4 F. J. Olver, *Asymptotics and Special Functions*, A K Peters (1997).

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	FÍSICA TEÓRICA
Título del tema:	Campos cuánticos en espaciotiempos curvos: efecto Unruh y detectores de Unruh-DeWitt
Plazas:	4
Objetivos:	Se estudiarán algunos aspectos básicos de la teoría cuántica de campos en espaciotiempos curvos mediante el análisis de modelos sencillos. Por ejemplo, se estudiará el comportamiento de un sistema cuántico de dos niveles (detector de Unruh-DeWitt) sometido a una fuerza externa y acoplado a un campo escalar cuántico en un espaciotiempo plano, tanto desde el punto de vista de un observador solidario con el detector como desde un punto de vista inercial. Se prestará especial atención a los efectos radiativos involucrados (radiación de Unruh), considerando distintos niveles de aproximación.
Metodología:	<p>Estudio de la bibliografía recomendada, análisis del estatus actual a través de algunos artículos científicos sobre el tema y cálculos propios de la teoría cuántica de campos en espaciotiempos curvos.</p> <p>Se recomienda haber cursado o estar cursando “Electrodinámica clásica”, “Campos Cuánticos”, “Relatividad General y Gravitación” y “Mecánica Cuántica”.</p>
Actividades Formativas	Seminarios conjuntos y/o personalizados sobre los contenidos específicos, el uso de LaTeX, Mathematica y de otras herramientas de uso común en Física Teórica.
Bibliografía:	<ul style="list-style-type: none"><li>• N.D. Birrell, P.C.W. Davies, Quantum fields in curved space, Cambridge University Press, 1982.</li><li>• R. Wald, Quantum field theory in curved spacetime and black hole thermodynamics, University of Chicago Press, 1994.</li><li>• A. Fabbri, J. Navarro-Salas, Modeling black hole evaporation, World Scientific, 2005.</li></ul>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	FÍSICA TEÓRICA
Título del tema:	Campos cuánticos en espaciotiempos curvos: cuantizaciones de Minkowski y de Rindler
Plazas:	3
Objetivos:	Se estudiarán algunos aspectos básicos de la teoría cuántica de campos en espaciotiempos curvos mediante el análisis de modelos sencillos. Por ejemplo, se estudiará la cuantización de un campo escalar en el espaciotiempo de Minkowski desde dos puntos de vista diferentes: el natural para un observador inercial (cuantización de Minkowski) y el correspondiente a un observador acelerado (cuantización de Rindler). Se realizará una comparación entre las dos cuantizaciones y se prestará especial atención a los efectos radiativos involucrados (radiación de Unruh).
Metodología:	Estudio de la bibliografía recomendada, análisis del estatus actual a través de algunos artículos científicos sobre el tema y cálculos propios de la teoría cuántica de campos en espaciotiempos curvos.  Se recomienda haber cursado o estar cursando "Electrodinámica clásica", "Campos Cuánticos", "Relatividad General y Gravitación" y "Mecánica Cuántica".
Actividades Formativas	Seminarios conjuntos y/o personalizados sobre los contenidos específicos, el uso de LaTeX, Mathematica y de otras herramientas de uso común en Física Teórica.
Bibliografía:	<ul style="list-style-type: none"><li>• N.D. Birrell, P.C.W. Davies, <b>Quantum fields in curved space</b>, Cambridge University Press, 1982.</li><li>• R. Wald, <b>Quantum field theory in curved spacetime and black hole thermodynamics</b>, University of Chicago Press, 1994.</li><li>• A. Fabbri, J. Navarro-Salas, <b>Modeling black hole evaporation</b>, World Scientific, 2005.</li></ul>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Fotografiando un protón

Plazas:

3

Objetivos:

Tanto el protón como el nucleón, conocidos ambos como “nucleones”, son bloques constituyentes de la materia ordinaria. Un mayor conocimiento de sus propiedades es fundamental para un entendimiento más profundo de los mecanismos que dominan las interacciones fundamentales.

Una de dichas propiedades de interés es su estructura electromagnética, de la que se puede obtener información a través de experimentos de interacción electrón-protón o electrón-deuterón.

En este trabajo se pretende utilizar la información extraída de los experimentos electrón-protón, para visualizar como se distribuye la carga electromagnética en el interior de un nucleón, y de esta forma obtener una especie de “fotografía” bidimensional de su distribución de carga. El/la alumno/a aprenderá a buscar la información necesaria para realizar el cálculo, y a relacionar dicha información con la distribución espacial de la carga eléctrica y magnética del nucleón haciendo uso de lo aprendido en la asignatura *Métodos Matemáticos I*.

Metodología:

Dentro de este proyecto, el alumno trabajará en la aplicación directa de los conceptos y técnicas impartidas en las asignaturas de *Partículas Elementales*, *Campos cuánticos* y *Métodos Matemáticos I*.

Actividades  
Formativas

El alumno profundizará en el estudio de los factores de forma y de su importancia tanto para el avance en física teórica como para los presentes y futuros programas experimentales. Usará las herramientas aprendidas en la asignatura *Métodos Matemáticos I* para relacionar los factores de forma con la distribución espacial de las propiedades del nucleón. Deducirá una relación directa entre los factores de forma electromagnéticos y la distribución de carga eléctrica y magnética dentro del nucleón. Usando esas fórmulas, junto con resultados experimentales, será capaz de visualizar como se distribuye la carga dentro del protón y el neutrón.

Bibliografía:

“An introduction to quantum field theory”. Michael E. Peskin and Daniel V. Schroeder. Addison-Wesley publishing company. ISBN-13: 978-0201503975.

“Quantum Field Theory”. Jean-Bernard Zuber and Claude Izykson. Dover Books on Physics. ISBN-13: 978-0486445687.

“The Quantum Theory of Fields, Volume 1: Foundations”. Steven Weinberg. Cambridge University Press. ISBN-13: 978-0521670531.

“Variable compleja y aplicaciones”. Ruel V. Churchill and James Ward Brown. McGraw-Hill Interamericana de España S.L. ISBN-13: 978-8448142124

“Chiral dynamics and peripheral transverse densities”. Carlos Granados and Christian Weiss. Journal of High Energy Physics, Vol. 1401 (2014) 092.  
<https://arxiv.org/pdf/1308.1634.pdf>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Determinación experimental del radio del protón

Plazas:

3

Objetivos:

El radio del protón es una de las cantidades fundamentales en física atómica y nuclear. Dicha cantidad se puede estimar con gran precisión a partir de experimentos de dispersión electrón-protón o medidas espectroscópicas del átomo de hidrógeno. Hoy en día, la discrepancia tan significativa entre la determinación a partir de experimentos de dispersión y medidas espectroscópicas puede ser un indicativo de la existencia de física más allá del modelo estándar.

En este trabajo se pretende estudiar la determinación del radio del protón a través de medias de dispersión de electrón-protón usando datos experimentales recientes. De este modo el/la alumno/a aprenderá a conectar cálculos puramente teóricos con las medias experimentales directas para hacer una estimación del radio del protón.

Metodología:

Dentro de este proyecto, el alumno trabajará en la aplicación directa de los conceptos y técnicas impartidas en las asignaturas de *Partículas Elementales*, *Campos cuánticos*.

Actividades  
Formativas

El alumno aprenderá a calcular, a partir de las teorías del modelo estándar, las secciones eficaces medidas en el laboratorio. También aprenderá a usar esos cálculos teóricos en determinaciones de cantidades de gran interés hoy en día en física nuclear y de partículas. En particular, usará medias experimentales en dispersión electrón-protón para determinar con sus cálculos el radio del protón. Finalmente comparará sus resultados con otras determinaciones disponibles en la literatura.

Bibliografía:

“An introduction to quantum field theory”. Michael E. Peskin and Daniel V. Schroeder. Addison-Wesley publishing company. ISBN-13: 978-0201503975.

“Quantum Field Theory”. Jean-Bernard Zuber and Claude Izykson. Dover Books on Physics. ISBN-13: 978-0486445687.

“The Quantum Theory of Fields, Volume 1: Foundations”. Steven Weinberg. Cambridge University Press. ISBN-13: 978-0521670531.

“Measurement of the elastic electron-proton cross section and separation of the electric and magnetic form factor in the  $Q^2$  range from 0.004 to 1  $(\text{GeV}/c)^2$ ”. Jan Bernauer. Tesis doctoral Universidad de Mainz.  
<http://wwwa1.kph.uni-mainz.de/A1/publications/doctor/bernauer.pdf>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Título del tema: Lentes Gravitacionales

Plazas: 3

Objetivos: El objetivo de este trabajo es estudiar diferentes de lentes gravitacionales dentro del marco de la Relatividad General y los efectos detectables desde un punto de vista astrofísico.

Temas a tratar: ecuación de las lentes, radio de Einstein, multi-imágenes, anillos de Einstein.

Metodología: Estudio bibliográfico y reproducción de resultados.

Actividades Formativas: El estudiante podrá acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que le oriente en la realización de su trabajo.

Bibliografía:

- 1) J.B. Hartle, Gravity. An Introduction to Einstein's General Relativity, Addison Wesley, 2003.
- 2) Joachim Wambsganss, "Gravitational Lensing in Astronomy", Living Rev. Relativity , 1 , (1998), 12.

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

FÍSICA TEÓRICA

Título del tema:

Radiación Gravitacional

Plazas:

4

Objetivos:

El objetivo de este trabajo es estudiar las propiedades de la radiación gravitacional tanto desde un punto de vista teórico dentro de la Relatividad General como su detección experimental.

Temas a tratar: producción de ondas gravitacionales en aproximación de campo débil, Radiación gravitacional y estrellas binarias, detección de ondas gravitacionales.

Metodología:

Estudio bibliográfico y reproducción de resultados.

Actividades  
Formativas

El estudiante podrá acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que le oriente en la realización de su trabajo.

Bibliografía:

- 1) J.B. Hartle, Gravity. An Introduction to Einstein's General Relativity, Addison Wesley, 2003.
- 2) B.F. Schutz, A first course in general relativity, Cambridge University Press, 1985.
- 3) B.S. Sathyaprakash and Bernard F. Schutz, "Physics, Astrophysics and Cosmology with Gravitational Waves", Living Rev. Relativity, 12, (2009), 2.

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título del tema:	Paradojas y cuestiones fundamentales en mecánica cuántica
Plazas:	3
Objetivos:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Introducir al alumno en problemas fundamentales de la mecánica cuántica tales como el problema de la medida, la no-localidad, o la falta de realismo.</li><li>- Estudiar alguno de teoremas de imposibilidad clásicos como el teorema de Bell o el teorema Kochen-Specker y entender qué papel juegan estos resultados en nuestra concepción de la naturaleza a nivel microscópico.</li><li>- Explorar resultados recientes en este campo como el teorema PBR o el "darwinismo" cuántico.</li></ul>
Metodología:	<p>Se recomienda que el alumno haya cursado/esté cursando las asignaturas de "Mecánica Cuántica", "Física Atómica y Molecular" y "Coherencia Óptica y Laser".</p> <p>El alumno dedicará tiempo a revisar la literatura a fin de comprender los conceptos implicados en el trabajo con mayor dedicación de la requerida en las asignaturas de grado. Deberá entender la descripción formal de fenómenos fundamentales de la teoría cuántica como la coherencia y el entrelazamiento y su relación con la noconmutatividad de los observables. El trabajo tiene principalmente un carácter formativo, proporcionando al alumno herramientas que le permitan entender con más profundidad la naturaleza que describe la mecánica cuántica. Paralelamente, también podrá adquirir competencias prácticas estudiando cómo cuestiones de carácter fundamental juegan un papel relevante en la teoría cuántica de la información.</p>
Actividades Formativas	Asistencia a seminarios y tutorías.

Bibliografia:

- N. D. Mermin, "Hidden variables and the two theorems of John Bell", *Rev. Mod. Phys.* **65**, 803 (1993).
- M. J. W. Hall, "The significance of measurement independence for Bell inequalities and locality", <https://arxiv.org/abs/1511.00729>.
- M. S. Leifer, "Is the quantum state real? An extended review of Psi-ontology theorems", <https://arxiv.org/abs/1409.1570>.
- W. H. Zurek, "Quantum Darwinism", *Nat. Phys.* **5**, 181-188 (2009).

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Estudio de puntos críticos de sistemas autónomos en el plano

Plazas:

2

Objetivos:

Conocer las propiedades de los sistemas autónomos de segundo orden y de sus mapas de fases, que no forman parte de las enseñanzas del actual plan de estudios, e iniciarse en el estudio de los puntos críticos no elementales.

En particular, y dependiendo del trabajo, se deberán estudiar y manejar en mayor o medida varios de estos conceptos:

1. Las propiedades generales de las ecuaciones y sistemas autónomos.
2. Las técnicas para realizar dibujos globales de mapas de fases.
3. La estructura de los puntos críticos elementales y su estabilidad.
4. Métodos para análisis de centros de la aproximación lineal.
5. Análisis de punto con un autovalor 0.
6. Nociones de puntos críticos con ambos autovalores nulos.

Metodología:

Tras el estudio de la bibliografía sobre el tema, se deberá resumir la teoría que se va a utilizar y, sobre todo, realizar abundantes y variados ejemplos.

También se pretende la práctica en el manejo de software para el trazado aproximado de mapas de fases, de programas de dibujo tipo Inkscape y, para la elaboración del trabajo, preferiblemente del LaTeX.

Actividades  
Formativas

El estudiante podrá acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que le oriente en su trabajo.

Bibliografía:

- *Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera.* W.E. Boyce y R.C. DiPrima. Limusa-Wiley, 1983
- *Ecuaciones diferenciales ordinarias.* O. Plaet. Reverté, 1974
- *Nonlinear Dynamics an Chaos.* S.H Strogatz. Limusa-Wiley, 1994
- *Differential Equations and Dynamical Systems.* L. Perko. Springer, 2001
- [\*Métodos simples para el análisis de puntos degenerados de sistemas analíticos planos.\*](#) Tesis doctoral. J. I. Aranda, 1998

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Mapas de fases de sistemas autónomos: el problema centro o foco

Plazas:

3

Objetivos:

Conocer las propiedades de los sistemas autónomos de segundo orden y sus mapas de fases, que no se estudian en el actual plan de estudios, y técnicas para precisar si se conservan o no los centros de la aproximación lineal.

En particular, y dependiendo del trabajo, se deberán estudiar y manejar en mayor o medida varios de estos conceptos:

1. Las propiedades los sistemas autónomos y las técnicas para su dibujo.
2. Las propiedades de los sistemas exactos y simétricos.
3. Métodos para análisis de centros de la aproximación lineal.
4. El método directo de Lyapunov.
5. Nociones sobre centros y focos degenerados.
6. Algunos resultados sobre ciclos límites.

Metodología:

Tras el estudio de la bibliografía sobre el tema, se deberá resumir la teoría que se va a utilizar para, sobre todo, realizar abundantes y variados ejemplos, aplicando las técnicas a problemas de interés físico o de otras ciencias.

También se pretende la práctica en el manejo de software para el trazado aproximado de mapas de fases, de programas de dibujo tipo Inkscape y, para la elaboración del trabajo, preferiblemente del LaTeX.

Actividades  
Formativas

El estudiante podrá acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que le oriente en su trabajo.

Bibliografía:

- *Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera.* W.E. Boyce y R.C. DiPrima. Limusa-Wiley, 1983
- *Ecuaciones diferenciales ordinarias.* O. Plaet. Reverté, 1974
- *Nonlinear Dynamics an Chaos.* S.H Strogatz. Limusa-Wiley, 1994
- *Nonlinear Ordinary Differential Equations.* D.W. Jordan y P. Smith. Oxford University Press, 2007
- [Métodos simples para el análisis de puntos degenerados de sistemas analíticos planos.](#) Tesis doctoral. J. I. Aranda, 1998

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título del tema:	Estabilidad de sistemas lineales y de sistemas autónomos en el plano
Plazas:	2
Objetivos:	<p>Conocer el concepto matemático de la estabilidad, los métodos para analizar la estabilidad de los sistemas lineales de orden <math>n</math>, las propiedades de los sistemas autónomos de segundo orden y la estabilidad de sus puntos críticos, que no forman parte de las enseñanzas del actual plan de estudios. En particular, y dependiendo del trabajo, se deberán estudiar y manejar en mayor o medida varios de estos conceptos:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. El concepto de estabilidad matemática.</li><li>2. Métodos para el análisis de estabilidad de las ecuaciones de primer orden y de los sistemas lineales de orden <math>n</math>.</li><li>3. Las propiedades los sistemas autónomos y las técnicas para su dibujo.</li><li>4. La estructura de los puntos críticos elementales y su estabilidad.</li><li>5. Métodos para análisis de centros y funciones de Lyapunov.</li><li>6. Nociones de estructura y estabilidad de puntos no elementales.</li></ol>
Metodología:	<p>Tras el estudio de la bibliografía sobre el tema, se deberá resumir la teoría que se va a utilizar para, sobre todo, realizar abundantes y variados ejemplos, aplicando las técnicas a problemas de interés físico o de otras ciencias.</p> <p>También se pretende la práctica en el manejo de software para el trazado aproximado de mapas de fases, de programas de dibujo tipo Inkscape y, para la elaboración del trabajo, preferiblemente del LaTeX.</p>
Actividades Formativas	El estudiante podrá acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que le oriente en su trabajo.
Bibliografía:	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera.</i> W.E. Boyce y R.C. DiPrima. Limusa-Wiley, 1983</li><li>• <a href="#">Apuntes de ecuaciones diferenciales.</a> P. Aranda.</li><li>• <i>Nonlinear Dynamics an Chaos.</i> S.H Strogatz. Limusa-Wiley, 1994</li><li>• <i>Differential Equations and Dynamical Systems.</i> L. Perko. Springer, 2001</li><li>• <a href="#">Métodos simples para el análisis de puntos degenerados de sistemas analíticos planos.</a> Tesis doctoral. J. I. Aranda, 1998</li></ul>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	FÍSICA TEÓRICA
Título del tema:	Integrabilidad, caos y entrelazamiento en sistemas cuánticos
Plazas:	1
Objetivos:	<p>En este tema se abordan distintas cuestiones relacionadas con las nociones de solubilidad, integrabilidad y caos y propiedades de entrelazamiento en sistemas cuánticos. Dada la amplitud del tema, se adaptará el trabajo propuesto a la formación y los intereses del alumno. Más concretamente, se pretende que el alumno alcance alguno de los siguientes objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Estudiar las propiedades fundamentales de los modelos cuánticos integrables de muchos cuerpos de tipo Calogero–Sutherland, y su relación con cadenas de espines integrables con interacciones de largo alcance.</li><li>– Aprender los conceptos básicos de la teoría de matrices aleatorias y su aplicación en la determinación del comportamiento integrable/caótico de los sistemas cuánticos.</li><li>– Entender la definición de la entropía de entrelazamiento en un sistema cuántico, y evaluarla para alguna cadena de espines integrable sencilla (por ejemplo, el modelo de Heisenberg de tipo XX).</li></ul>
Metodología:	Lectura de capítulos de libros y/o artículos científicos introductorios relacionados con los objetivos propuestos (ver Bibliografía). En algunos casos, se pedirá que el alumno realice algún cálculo, comprobación o simulación utilizando el programa de cálculo simbólico <i>Mathematica</i> .
Actividades Formativas	El estudiante podrá acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que le oriente en la realización de su trabajo.
Bibliografía:	<ul style="list-style-type: none"><li>– J.A. Carrasco, F. Finkel, A. González-López, M.A. Rodríguez, Supersymmetric spin chains with nonmonotonic dispersion relation: Criticality and entanglement entropy, <i>Phys. Rev. E</i> 93, 155154 (2016).</li><li>– F. Finkel, A. González-López, Global properties of the spectrum of the Haldane-Shastry spin chain, <i>Phys. Rev. B</i> 72, 174411 (2005).</li><li>– J.C. Barba, F. Finkel, A. González-López, M.A. Rodríguez, The Berry-Tabor conjecture for spin chains of Haldane-Shastry type, <i>Europhys. Lett.</i> 83, 27005 (2008).</li></ul>

- B. Sutherland, *Beautiful Models. 70 Years of Exactly Solved Quantum Many-Body Problems*, World Scientific, 2004.
- T. Koprucki, H. Wagner, New exact ground states for one-dimensional quantum many-body systems, *J. Stat. Phys.* 100, 779 (2000).
- A. P. Polychronakos, The physics and mathematics of Calogero particles, *J. Phys. A* 39, 12793 (2006).
- H.J. Stöckmann, *Quantum Chaos. An Introduction*, Cambridge University Press, 1999.
- M. L. Mehta, *Random Matrices*, Elsevier, 2010.
- P. J. Forrester, *Log-gases and Random Matrices*, Princeton University Press, 2010.
- J. I. Latorre, A. Riera, A short review on entanglement in quantum spin systems, *J. Phys. A: Math. Theor.* 42, 504002 (2009).
- M. A. Nielsen, I. L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*, 10<sup>th</sup> anniversary ed., Cambridge University Press, 2010.

# GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

## Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título del tema:	Nanofotónica cuántica: teoría y aplicaciones
Plazas:	2
Objetivos:	<p>Los avances experimentales en los últimos años en la integración de átomos fríos y estructuras dieléctricas, p.e., cristales fotónicos, ha dado lugar al campo de la nanofotónica cuántica [1]. En estos sistemas los átomos pueden intercambiar excitaciones a través de la luz confinada en estas nanoestructuras, dando lugar a interacciones fuertes y de largo alcance entre los átomos. La descripción teórica de estos sistemas muchas veces no puede hacerse usando las técnicas perturbativas usadas habitualmente para describir la interacción de luz y materia [2].</p> <p>El objetivo de este trabajo:</p> <p>(1) Realizar simulaciones numéricas sencillas de la dinámica de uno o varios emisores interactuando a través de estructuras nanofónicas.</p> <p>(2) Desarrollar protocolos sencillos donde las interacciones emergentes sean ventajosas respecto a las obtenidas en sistemas convencionales</p>
Metodología:	<p>A) Búsqueda bibliográfica para familiarizarse con la teoría y experimentos de nanofotónica cuántica</p> <p>B) Desarrollo de técnicas numéricas basadas en diagonalización exacta y técnicas analíticas basadas en análisis complejo.</p>
Actividades Formativas	Introducción a la descripción numérica de sistemas cuánticos y al campo de la nanofotónica cuántica mediante asesoramiento de un profesor experto en el tema.
Bibliografía:	<p>[1] Nature 508, 241–244 (2014), Nature Communications 5, 3808 (2014), Rev. Mod. Phys. 87, 347 (2015)</p> <p>[2] Phys. Rev. X 6 (2), 021027 (2016), Nature Photonics 9 (5), 320-325 (2015), Phys. Rev. Lett. 119 (14), 143602 (2017),</p>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Caos y termalización en un simulador cuántico

Plazas:

2

Objetivos:

La física estadística ofrece una descripción adecuada de sistemas complejos en el mundo clásico. En particular, esperamos que un sistema de muchas partículas clásicas alcance un estado de equilibrio después de un tiempo suficientemente largo. El mismo proceso en el mundo cuántico es muy más difícil de entender y en la actualidad existen varios enfoques teóricos al fenómeno de la termalización cuántica (Ref. 1)

Hasta hace poco problemas como caos y termalización en el mundo cuántico eran considerados fundamentalmente académicos. Sin embargo, muchas de estas cuestiones pueden estudiarse con dispositivos como ordenadores o simuladores cuánticos que están disponibles desde hace sólo algunos años (Ref. 2)

Los objetivos principales de este trabajo son: (1) Describir numéricamente modelos físicos de muchas partículas y su dinámica de no-equilibrio. (2) Predecir la aparición de fenómenos asociados al caos cuántico, tales como la termalización cuántica.

Metodología:

El método principal es la diagonalización numérica de sistemas de muchos qubits o espines. Esto requiere una base fuerte en física cuántica y programación en matlab o Python, así como una base fuerte en álgebra lineal. Además se espera que el estudiante realice una búsqueda bibliográfica de literatura en el campo de la termalización cuántica y los simuladores cuánticos.

Actividades  
Formativas

Introducción a la descripción numérica de sistemas cuánticos y al campo de la termalización cuántica mediante asesoramiento de un profesor.

Bibliografía:

Ref. 1 "From Quantum Chaos and Eigenstate Thermalization to Statistical Mechanics and Thermodynamics", L. D'Alessio, Y. Kafri, A. Polkovnikov, M. Rigol, arXiv: arXiv:1509.06411.

Ref. 2 "Time-resolved observation of thermalization in an isolated quantum system"

G. Clos, D. Porras, U. Warring, T. Schaetz, arXiv:arXiv:1509.07712

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título del tema:	Incertidumbres teóricas de los métodos dispersivos en física de partículas elementales
Plazas:	2
Objetivos:	<p>El alumno mostrará su comprensión de la teoría de la difusión clásica y cuántica; de la variable compleja; y de conceptos de campos como la causalidad, para estudiar las relaciones de dispersión que se pueden utilizar para describir resonancias en física de partículas, como por ejemplo el Método de la Amplitud Inversa. El alumno trabajará en las incertidumbres de estos métodos desde el punto de vista teórico. Dependiendo del nivel de progreso, podrá aplicar los conceptos a la interpretación teórica de las búsquedas de nuevos fenómenos en el LHC.</p>
Metodología:	<p>Tras la revisión bibliográfica, el alumno examinará sistemáticamente las hipótesis y aproximaciones teóricas y las incertidumbres que introducen en la predicción de nuevas resonancias a partir de Lagrangianos de baja energía, e intentará obtener estimaciones numéricas de las mismas. El trabajo y todos los materiales adicionales se prepararán en LaTeX.</p>
Actividades Formativas	El alumno podrá aprender programación numérica en el entorno de la red de ordenadores del laboratorio departamental.
Bibliografía:	<p>1) John R. Taylor, "Scattering Theory" Dover Publications Inc. (reimpresión 30 de junio de 2006) <b>ISBN-13:</b> 978-0486450131</p> <p>2) R.L. Delgado, A.Dobado, F.J.Llanes-Estrada Phys.Rev. <b>D91</b> (2015), 075017 DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.91.075017">10.1103/PhysRevD.91.075017</a> e-Print: <a href="https://arxiv.org/abs/1502.04841">arXiv:1502.04841</a></p>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	FÍSICA TEÓRICA
Título del tema:	La métrica ambiente y las ecuaciones de Einstein.
Plazas:	1
Objetivos:	El presente TFG tiene como objetivo estudiar y entender, mediante los ejemplos de los espacios de Minkowski y de anti-de Sitter, las técnicas de la métrica ambiente en relación con las ecuaciones de Einstein y sus soluciones.
Metodología:	<p>El método incluye la lectura y la síntesis de las referencias clásicas sobre el tema. Como aplicación de lo estudiado, se abordará el desarrollo detallado de la construcción ambiente para los espacios de Minkowski y anti-de Sitter.</p> <p>Se busca que el alumno reproduzca de forma autónoma resultados bien establecidos. Ello lleva consigo estudiar por su cuenta algunos contenidos concretos (como, por ejemplo, transformaciones conformes o diagramas de Penrose) como complemento a la formación recibida en el Grado.</p>
Actividades Formativas	<p>Trabajo individual. Se pretende que el alumno establezca un nexo de unión entre un tema de estudio actual dentro de la Relatividad general y contenidos estudiados en el Grado.</p> <p>Seminarios sobre los contenidos del TFG.</p> <p>Uso de LaTeX y de otras herramientas informáticas de uso común en Física Teórica.</p>
Bibliografía:	<ul style="list-style-type: none"><li>• S. Fischetti, W. Kelly, D. Marolf: "Conserved quantities in asymptotically (locally) AdS spacetimes", in A. Ashtekar, V. Petkov (eds.), "Handbook of spacetime", Springer-Verlag (2014).</li><li>• S. de Haro, K. Skenderis, S. N. Solodukhin: "Holographic reconstruction of spacetime and renormalization in the AdS-CFT correspondence", Communications in Mathematical Physics <b>217</b> (2001) 595.</li></ul>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título del tema:	Programación cuántica
Plazas:	2
Objetivos:	<p>El objetivo de este trabajo es aprender a programar el ordenador cuántico de IBM, construir pequeños algoritmos y probarlos en simuladores cuánticos y ordenadores cuánticos reales. A través de este trabajo, el estudiante aprenderá nociones básicas de información cuántica (qubits, puertas cuánticas, entrelazamiento), aprenderá a programar en Python y Jupyter, y conocerá los principales entornos y librerías del campo –Qiskit, Pyquil, OpenFermion...</p>
Metodología:	<p>Revisión bibliográfica de información cuántica a través de literatura estándar (Nielsen &amp; Chuang y otros libros de texto), seleccionando algoritmos sencillos. Nociones elementales de Jupyter y Python. Representación de estados y operaciones cuánticas en Python. Ejecución y testado de los algoritmos en simuladores cuánticos. Ejecución en entornos realistas: IBM Quantum Experience o Rigetti Forest. Análisis de errores y escalado de los algoritmos.</p>
Actividades Formativas	<p>Introducción a la información cuántica y programación mediante asesoramiento de un profesor del departamento.</p>
Bibliografía:	<p>Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition, Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, Cambridge Univ. Press</p> <p>Series on “How to program a quantum computer”, James Wootton, Medium, <a href="https://medium.com/qiskitters/how-to-program-a-quantum-computer-982a9329ed02">https://medium.com/qiskitters/how-to-program-a-quantum-computer-982a9329ed02</a></p> <p>QISKit documentation, <a href="https://www.qiskit.org/documentation/">https://www.qiskit.org/documentation/</a></p>

# GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

## Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	FÍSICA TEÓRICA
Título del tema:	Estudio de resonancias en las colisiones en el LHC, en ALICE
Plazas:	3
Objetivos:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prácticas de análisis en física de partículas elementales usando datos reales.</li><li>• Conocimiento del “Zoo” de partículas, existentes e introducción a los números cuánticos, leyes de conservación de un modo fenomenológico. Principio de indeterminación, anchura, vida media, dispersión experimental.</li><li>• Cálculo de secciones eficaces.</li></ul>
Metodología:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Usando datos de ALICE en pp, pPb, PbPb, se calculará la formación de resonancias con 2 o más cuerpos en el estado final, aprendiendo:</li><li>• Distinción partícula-resonancia (BW); cinemática relativista.</li><li>• Mínimos conocimientos de métodos de identificación de partículas (Bethe- Bloch, Tiempo de vuelo) y para determinar y substrair el ruido de fondo.</li><li>• Leyes de conservación (energía, momento y números cuánticos más comunes) como método de filtrado.</li><li>• Introducción a los conceptos de aceptación, eficacia y pureza de una muestra.</li><li>• Uso del Monte Carlo; efecto de reflexiones de otros canales.</li><li>• Introducción muy somera a los métodos de ajuste (Min. Chi2, Max Likelihood). Cómo usarlos en la práctica.</li><li>• Cálculo de una sección eficaz.</li></ul> <p>Se recomienda haber cursado o estar cursando “Electrodinámica Clásica” y “Mecánica Cuántica”, “Partículas Elementales” y “Campos Cuánticos”.</p>
Actividades Formativas	Seminarios conjuntos y/o personalizados sobre los contenidos específicos, el uso de LaTeX, Mathematica y de otras herramientas de uso común en Física Teórica.

Bibliografía:

- "Theoretical Nuclear Physics" , Blatt y Weiskopf, John Wiley & sons (1963).
- "Elementary Particles and Symmetries", Lewis Ryder, Gordon and Breach Science Publishers (1975).
- "Quarks", Y. Nambu, World Scientific (1985).
- "Partículas Elementales", Gerard't Hooft, Ed. Crítica, Barcelona (1996).
- "Statistical and Computational Methods in Data Analysis" Siegmund Brandt. North Holland, Elsevier (1970).
- "La física en el siglo XX" , Victor F. Weisskopf , Alianza Universidad (1972).
- "The ALICE experiment at the CERN LHC", PUBLISHED BY INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING AND SISSA, August 14, 2008.
- Data Analysis Techniques for Physical Scientists, Claude A. Pruneau Cambridge University Press, (2017).

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Título del tema:

Plazas:

Objetivos:

Metodología:

Actividades Formativas http://pendientedemigracion.ucm.es/info/giccucm/index.php/GICC.html"/>

Bibliografía: Galindo, A., Martin-Delgado, M.A., Rev.Mod.Phys.74, 347 (2002)  
3)"Quantum Computation and Quantum Information"  
Nielsen, M.A., I.L. Chuang, Cambridge Univ. Press 2000."/>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física Teórica
Título del tema:	Computación Cuántica Topológica: Una Introducción
Plazas:	1
Objetivos:	<p>Hacer una introducción a la teoría de la computación cuántica topológica mostrando cuales son sus principios y relación con la mecánica cuántica. Estudiar como la topología ayuda a la construcción de ordenadores cuánticos robustos frente a la descoherencia y al ruido externo. Estudiar modelos simples con topología cuántica como el modelo de Kitaev y los códigos topológicos de color. Mostrar su relación con nuevas fases cuánticas de la materia llamadas órdenes topológicos y con la existencia de anyones. Perspectivas actuales para su desarrollo.</p>
Metodología:	Reuniones periódicas con el alumno y estudio guiado de la bibliografía básica y fuentes en la red.
Actividades Formativas	Asistencia a seminarios organizados por el Grupo de Información y Computación Cuántica de la Facultad de CC. Físicas. <a href="http://pendientedemigracion.ucm.es/info/giccucm/index.php/GICC.html">http://pendientedemigracion.ucm.es/info/giccucm/index.php/GICC.html</a>
Bibliografía:	<p>1) Physics World Ejemplar de la revista de Marzo, 1998 2) "Information and Computation: Classical and Quantum aspects" Galindo, A., Martín-Delgado, M.A., Rev.Mod.Phys.74, 347 (2002) 3) "Quantum Computation and Quantum Information" Nielsen, M.A., I.L. Chuang, Cambridge Univ. Press 2000.</p>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Introducción a la Computación Adiabática Cuántica.

Plazas:

1

Objetivos:

Aprender las nociones básicas detrás de la Computación Adiabática Cuántica. Ésta proporciona uno de los esquemas más prometedores para realizar un ordenador cuántico. El proyecto se divide en tres partes:

- (i) Entender los fundamentos teóricos detrás de la computación adiabática cuántica, en particular el teorema cuántico adiabático (1).
- (ii) Simulación numérica del algoritmo adiabático cuántico para un problema sencillo.
- (iii) Estudio de los sistemas experimentales que se utilizan para la implementación de estos computadores.

Metodología:

En (i) se debe hacer una revisión bibliográfica y utilizar los métodos analíticos necesarios para entender la física de los procesadores adiabáticos cuánticos.

En (ii) se utilizará el lenguaje de programación Python. No se requiere un conocimiento previo del mismo.

En (iii) se estudiará la noción de Qubit (2) y cómo se utiliza en los procesadores de Computación Adiabática Cuántica. También se podría estudiar la implementación de D-Wave (3).

Bibliografía:

(1) A. Messiah, Quantum Mechanics (North-Holland, Amsterdam, 1962).

(2) Nielsen, Michael A., and Isaac Chuang. "Quantum computation and quantum information." (2002): 558-559.

(3) <https://www.dwavesys.com/home>

# GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

## Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Título del tema: Sistemas superintegrables en mecánica clásica y cuántica

Plazas: 1

Objetivos: Se estudian sistemas clásicos con un número de cantidades conservadas mayor que la dimensión del espacio, lo que permite construir diferentes conjuntos maximales de integrales primeras en involución. La construcción y estudio de las propiedades de estos sistemas es objeto actualmente de numerosos trabajos.

Se pretende desarrollar este tema a través de los puntos siguientes:

- Estudio de los fundamentos del problema y su formulación en el marco de la mecánica clásica y cuántica
- Relación de estos sistemas con el problema de separación de variables
- Construcción explícita de sistemas superintegrables y de las correspondientes cantidades conservadas.

Metodología: Estudio de secciones de libros relacionados con el tema y artículos científicos que presentan casos concretos o revisiones del tema. Desarrollo de algún ejemplo particular y discusión de problemas no resueltos o que se encuentren en estudio.

Es recomendable que el alumno haya cursado las asignaturas de "Geometría Diferencial y Cálculo Tensorial", "Simetrías y Grupos en Física", "Mecánica Teórica" y "Mecánica Cuántica".

Bibliografía:

- V.I. Arnol'd, "Mathematical Methods of Classical Mechanics" (Springer).
- A. Fassano, S. Marmi, "Analytical Mechanics: an introduction" (Oxford).
- H. Goldstein, C.P. Poole, J.L. Safko, "Classical Mechanics" (Pearson).
- P. Libermann, C.M. Marle: "Symplectic Geometry and Analytical Mechanics", (Springer).
- M.B. Sheftel, P. Tempesta, P. Winternitz, J. Math. Phys. **42**, 659, (2001)
- M.A. Rodríguez, P. Tempesta, P. Winternitz: Phys. Rev. E **78**, 046608 (2008).
- F. Tremblay, A.V. Turbiner, P. Winternitz: J. Phys. A, Math. Theor. **42**, 242001 (2009).
- M.F. Rañada, M.A. Rodríguez, M. Santander: J. Math. Phys. **51**, 042901 (2010).

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Título del tema: ESTRELLAS RELATIVISTAS

Plazas: 1

Objetivos:

El objetivo del trabajo es el estudio de las propiedades de las estrellas de neutrones y su descripción dentro de la teoría de la Relatividad General.

Se deberán estudiar cuales son las características básicas observacionales de estas estrellas de neutrones, obtenidas de las observaciones de pulsares. Se estudiará que tipo de modelos se utilizan para describir estos objetos dentro de la Relatividad General.

El trabajo puede incluir la obtención de modelos numéricos sencillos con ordenador con simetría esférica ó más generales.

Metodología: Estudio de la bibliografía básica recomendada y utilización de programas de cálculo numérico y/o simbólico para la construcción de modelos.

Actividades Formativas: El estudiante podrá acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que le oriente en la realización de su trabajo.

Bibliografía:

- 1) J.B. Hartle, Gravity. An Introduction to Einstein's General Relativity, Addison Wesley, 2003.
- 2) B.F. Schutz, A first course in general relativity, Cambridge University Press, 1985.

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:	FÍSICA TEÓRICA
Título del tema:	Introducción a gravedad y cosmología cuánticas
Plazas:	2
Objetivos:	<p>Se motivará la necesidad de construir un formalismo cuántico para el estudio del campo gravitatorio. Dentro de los distintos formalismos, nos centraremos en estudiar en qué consiste cuantizar canónicamente la relatividad general. Para ello primero se repasará el formalismo Hamiltoniano de relatividad general. Tras ver estos aspectos de un modo generalista, pasaremos a particularizar el estudio a la cuantización de modelos cosmológicos homogéneos. Estos poseen un número finito de grados de libertad, por lo que no presentan dificultades inherentes a la teoría cuántica de campos. Consideraremos el modelo cosmológico no trivial más sencillo y abordaremos su cuantización canónica adoptando dos representaciones cuánticas diferentes. Primero la empleada en mecánica cuántica estándar, y luego la cuantización polimérica empleada en Cosmología Cuántica de Lazos. Veremos que, mientras que con la primera la singularidad inicial de big-bang persiste, la segunda describe un modelo libre de singularidades, en el que el big-bang clásico se ve reemplazado por un rebote cuántico que une una rama en contracción del universo con una rama en expansión.</p>
Metodología:	<p>Estudio del estatus actual del tema a través de la bibliografía recomendada y de algunos artículos científicos de revisión especializados.</p> <p>Se recomienda haber cursado o estar cursando “Mecánica Cuántica”, “Mecánica Teórica”, “Relatividad General y Gravitación” y “Cosmología”.</p>
Actividades Formativas	El estudiante podrá acudir a un profesor del departamento especializado en el tema para que le oriente en su trabajo.
Bibliografía:	<ul style="list-style-type: none"><li>• R. Wald, General Relativity, University of Chicago Press, 1984.</li><li>• C.W. Misner, K.S. Thorne, J.A. Wheeler, Gravitation, Princeton University Press, 2017.</li><li>• V. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology, Cambridge University Press, 2005.</li><li>• P.A. Dirac, Lectures on Quantum Mechanics, Dover Publications, 2001.</li></ul>

## GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

### Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Óptica cuántica no-lineal con fotones individuales propagantes

Plazas:

2

Objetivos:

El objetivo general de este trabajo es aprender nociones básicas de óptica cuántica y de la interacción controlada entre fotones individuales y emisores cuánticos.

El estudiante podrá familiarizarse con sistemas de estado sólido actuales en que fotones propagantes y emisores cuánticos interactúan fuertemente, como por ejemplo qubits superconductores en líneas de transmisión de microondas, o puntos cuánticos semiconductores en cristales fotónicos.

En estos sistemas estudiaremos el scattering de uno y dos fotones a través del emisor cuántico y diseñaremos un dispositivo cuántico para el procesamiento de información cuántica con fotones individuales. Por ejemplo, el estudiante podrá aprender a diseñar una compuerta lógica para los fotones, o cualquier otro dispositivo cuántico simple que le parezca interesante.

Metodología:

Revisión de papers esenciales sobre la interacción controlada entre fotones individuales y emisores cuánticos de estado sólido. Reproducción de cálculos teóricos simples de óptica cuántica y de la matriz de scattering.

Actividades  
Formativas

Asesoramiento de un profesor en la revisión bibliográfica y sobre la teoría de la interacción cuántica entre materia y luz.

Bibliografía:

- [1] J. Garrison, R. Chiao, Quantum Optics (Oxford Graduate Text, 2014)
- [2] X. Gu et al., Microwave photonics with superconducting quantum circuits, *Phys. Rep.* **1** 718 (2017).
- [3] P. Lodahl et al., Interfacing single photons and single quantum dots with photonic nanostructures. *Rev. Mod. Phys.* **87**, 347 (2015).
- [4] S. Fan et al., Input-output formalism for few-photon transport in one-dimensional nanophotonic waveguides coupled to a qubit. *Phys. Rev. A* **82**, 063821 (2010).
- [5] A. Nysteen et al., *Phys. Rev. A* **95**, 062304 (2017).

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2018/19

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica

Título del tema:

Diagramas de Penrose y compactificación conforme del espacio-tiempo.  
Aplicaciones.

Plazas:

1

Objetivos:

Emplear la teoría de transformaciones conformes, la compactificación conforme del espacio-tiempo de Minkowski y los diagramas de Penrose para el análisis de los agujeros negros clásicos (Schwarzschild y Kerr) y/o la compactificación conforme de distintos modelos del Universo.

Metodología:

Seguimiento crítico de la bibliografía. Explorar posibles implicaciones de las técnicas descritas.

Actividades  
Formativas

Bibliografía:

Norbert Straumann, General Relativity, Springer, 2013.  
J. B. Griffiths, J. Podolský, Exact Space-Time in Einstein's General Relativity, Cambridge University Press, 2009.  
Ray D'Inverno, Introducing Einstein's Relativity, Oxford University Press, 1992.  
C. W. Misner, K.S. Thorne, J. A. Wheeler, Gravitation, W. H. Freeman and Company, 1970.  
Sergei Winitzki, Advanced General Relativity,  
<https://sites.google.com/site/winitzki/index/topics-in-general-relativity>  
Eduard Alexis Larrañaga R., Agujeros negros clásicos,  
<http://www.docentes.unal.edu.co/ealarranaga/docs/Agujeros Clasicos.pdf>