



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Facultad de  
Ciencias  
Sección de  
Físicas

## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

<b>Tutor/a:</b>	Javier Olmedo
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	Física Teórica y del Cosmos
<b>Cotutor/a:</b>	Mar Bastero Gil
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	Física Teórica y del Cosmos

<b>Título del Trabajo:</b> Agujeros negros sónicos	
<b>Tipología del Trabajo:</b> (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)	( Marcar con X)
	1. Revisión bibliográfica
	2. Estudio de casos teórico-prácticos
	3. Trabajos experimentales
	4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
	5. Elaboración de un proyecto
	6. Trabajo relacionado con prácticas externas

### Breve descripción del trabajo:

Tras el descubrimiento de Hawking en 1974 que teorizaba que los agujeros negros emiten radiación espontáneamente (conocida popularmente como la radiación de Hawking), se prestó gran atención a sus propiedades y su viabilidad observacional, e incluso, en las últimas décadas, a su realización experimental. Dado que la radiación de Hawking tiene un carácter universal y puesto que en agujeros negros astrofísicos sus efectos se espera sean muy elusivos, se han buscado escenarios análogos en condensados de Bose-Einstein (agujeros negros sónicos) [1-3] o en medios ópticos con un índice de refracción variable [4-6], en los que esta radiación pueda ser reproducida y estudiada. Recientemente, en el experimento liderado por Steinhauer [3], se ha anunciado por primera vez la detección de radiación de Hawking espontánea producida por un agujero negro sónico. Otros experimentos en medios dieléctricos dispersivos permiten recrear agujeros negros ópticos con efectos cuánticos mucho más nítidos (en principio). Entre ellos, no solo se encuentra la radiación de Hawking en sí [6], si no otros fenómenos de creación de partículas (entendidas como excitaciones sobre el vacío cuántico de un campo electromagnético) como el conocido efecto Casimir dinámico [7], de gran relevancia en cosmología del universo primitivo. Puesto que ambos efectos dan lugar a la generación espontánea de partículas, es importante caracterizar y distinguir sus propiedades para que puedan ser discriminados en los diferentes marcos experimentales.

### Objetivos planteados:

El alumno revisaría los análisis teóricos realizados hasta la fecha, estudiando la producción de partículas correspondiente a modos propagándose en la dirección ortogonal al horizonte óptico (asociados a la radiación de Hawking) con respecto a los que se propagan en las direcciones paralelas (correspondientes al efecto Casimir dinámico).

### Metodología:

Se aplicarán conocimientos básicos de Mecánica Cuántica, Teoría de Campos y Relatividad General a un problema de gran relevancia en la actualidad dentro de la física teórica moderna.

Campus  
Fuentenueva  
Avda. Fuentenueva  
s/n  
18071 Granada  
Tfno. +34-958242902  
fisicas@ugr.es

**Comisión Docente de Físicas**  
Facultad de Ciencias



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Facultad de  
Ciencias  
Sección de  
Físicas

**Bibliografía:**

- [1] L. J. Garay, J. R. Anglin, J. I. Cirac y P. Zoller, "Black holes in Bose-Einstein condensates", *Phys. Rev. Lett.* 85 (2000) 4643-4647, arxiv:gr-qc/0002015
- [2] J. R. Muñoz de Nova, K. Golubkov, V. I. Kolobov y J. Steinhauer, "Observation of thermal Hawking radiation and its temperature in an analogue black hole", *Nature* 569 (2019) 7758, 688-691, arxiv:1809.00913
- [3] K. Golubkov, V. I. Kolobov, J. R. Muñoz de Nova y J. Steinhauer, "Spontaneous Hawking Radiation and Beyond: Observing the Time Evolution of an Analogue Black Hole", arxiv:1910.09363
- [4] T. G. Philbin, C. Kuklewicz, S. Robertson, S. Hill, F. König y U. Leonhardt, "Fiber-optical analogue of the event horizon", *Science* 319 (2008) 1367-1370, arxiv:0711.4796.
- [5] M. F. Linder, R. Schützhold y W. G. Unruh, "Derivation of Hawking radiation in dispersive dielectric media", *Phys. Rev. D* 93 (2016) 104010, arxiv:1511.03900.
- [6] J. Drori, Y. Rosenberg, D. Bermudez, Y. Silberberg y U. Leonhardt, "Observation of Stimulated Hawking Radiation in an Optical Analogue", *Phys. Rev. Lett.* 122 (2019) 010404, arxiv:1808.09244
- [7] S. Liberati, A. Prain y M. Visser, "Quantum vacuum radiation in optical glass", *Phys. Rev. D* 85 (2012) 084014

**A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG**

Alumno/a propuesto/a: Miguel Gallego Benot

Granada, 16 de junio

2020