



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Facultad de  
Ciencias  
Sección de  
Físicas

## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

**Tutor/a:** Javier Antonio Olmedo Nieto  
**Departamento y Área de Conocimiento:** Física Teórica y del Cosmos / Física Teórica  
**Correo electrónico:** javolmedo@ugr.es

**Cotutor/a:**  
**Departamento y Área de Conocimiento:**  
**Correo electrónico:**

**Título del Trabajo:** Modos cuasinormales de agujeros negros

<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		4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio	
		2. Estudio de casos teórico-prácticos	X	5. Elaboración de un proyecto	
		3. Trabajos experimentales		6. Trabajo relacionado con prácticas externas	

### Breve descripción del trabajo:

En los últimos años, la física de agujeros negros ha experimentado un gran avance en lo que respecta a aspectos observacionales que pueden ser detectados por observatorios como LIGO-Virgo-KAGRA y el Event Horizon Telescope. La relatividad general ha permitido profundizar en las propiedades de estos objetos ultracompactos, mediante el estudio, por ejemplo, de modos cuasinormales [1-3]. Las observaciones de ondas gravitacionales han sido utilizadas no solo para poner a prueba la teoría de la relatividad de Einstein, sino también para descartar otras teorías candidatas. Aquí, el periodo de relajación después de la formación del agujero negro final (tras una fusión de objetos ultrarelativistas) descrito por los modos cuasinormales por ahora ha sido acotado observacionalmente, habiendo acuerdo con la teoría. El objetivo de este trabajo es aplicar el método de la iteración asintótica para el cálculo de los modos cuasinormales propuesto en la Ref. [4], y si la evolución del trabajo lo permite, desarrollar códigos numéricos para después aplicar este método a modelos que van más allá de la relatividad general, como las descripciones clásicas modificadas y las geometrías efectivas dentro de las teorías de gravedad cuántica.

### Objetivos planteados:

1. Lectura de la bibliografía propuesta.
2. Alcanzar un dominio apropiado sobre la teoría de perturbaciones en agujeros negros no rotantes.
3. Reproducir el método de la iteración asintótica propuesto en la Ref. [4].
4. Si la evolución del trabajo lo permite, su implementación en un código numérico de manipulación algebraica.
5. Si la evolución del trabajo lo permite, su aplicación a modelos de agujeros negros de relatividad general y más allá.

### Metodología:

Se aplicarían conocimientos básicos de geometría diferencial, relatividad general y teoría de perturbaciones sobre escenarios esféricamente simétricos. Todo esto posiblemente será complementado con métodos numéricos de álgebra abstracta para la manipulación de tensores a un problema de interés en física gravitacional.

### Bibliografía:

- [1] T. Regge and J. A. Wheeler, Phys. Rev. 108, 1063-1069 (1957).  
[2] F. J. Zerilli, Phys. Rev. Lett. 24, 737-738 (1970).  
[3] S. Chandrasekhar and S. L. Detweiler, Proc. Roy. Soc. Lond. A 344, 441-452 (1975).

Campus  
Fuentenueva  
Avda. Fuentenueva  
s/n  
18071 Granada  
Tfno. +34-958242736  
almartin@ugr.es

**Comisión Docente de Físicas**  
Facultad de Ciencias



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Facultad de  
Ciencias  
Sección de  
Físicas

[4] H. T. Cho, A. S. Cornell, Jason Doukas, T. R. Huang, Wade Naylor, arXiv:1111.5024.

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

Alumno/a propuesto/a: Dominik Pastuszka

Granada, de 2023

Sello del Departamento

Campus  
Fuentenueva  
Avda. Fuentenueva  
s/n  
18071 Granada  
Tfno. +34-958242736  
almartin@ugr.es

**Comisión Docente de Físicas**  
Facultad de Ciencias