UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-143-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Las condiciones de extremalidad de agujeros negros con carga eléctrica y constante cosmológica

Descripción general (resumen y metodología):

En Relatividad General existe una familia de agujeros negros esféricamente simétricas y estáticas, donde cada solución está caracterizada por tres parámetros: su masa M, su carga eléctrica Q y el radio cosmológico L (relacionada con la constante cosmológica \Lambda). La consistencia de las soluciones exige que estos parámetros no son arbitrarios, sino que tienen que satisfacer ciertas cotas. Por ejemplo, en un espacio con constante cosmológica, la solución es aceptable si M^2 \leq L^2. Por otro lado, en presencia de carga eléctrica, tenemos que Q^2 \leq M^2. Las soluciones que satisfacen la cota tienen una estructura causal aceptable, con dos horizontes y ausencia de singularidades desnudas.

Los agujeros negros extremales son aquellas soluciones donde los parámetros saturan la cota (es decir, M^2 = L^2, ó Q^2=M^2) y en este caso la relación entre los parámetros se denomina la condición de extremalidad. Los agujeros negros extremales tienen propiedades muy particulares: los dos horizontes coinciden y las fuerzas atractivas y repulsivas se compensan exactamente.

En este proyecto, el estudiante estudiará las soluciones de Reissner-Nordström (agujero negro con masa y carga) y Schwarzschild-De Sitter (masa y constante cosmológica) y derivará las condiciones de extremalidad. También se intentará construir la solución general de Reissner-Nordström-De Sitter con valores no triviales de los tres parámetros M, Q y L. Este caso, mucho menos estudiando en la literatura, puede tener hasta 3 horizontes. Se intentará reproducir las condiciones de extremalidad y las propiedades de Reissner-Nordström-De Sitter extremal.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

- Construir la solución de Reissner-Nordström y encontrar la condición de extremalidad.
- Construir la solución de Schwarzschild-De Sitter y encontrar la condición de extremalidad.
- Construir la solución de Reissner-Nordström-De Sitter y encontrar la condición de extremalidad.

Bibliografía básica:

- S. Carrol, Spacetime and Geometry. Addison-Wesley, 2004.
- A. Chrysostomou, A.S. Cornell, A. Deandrea, H. Noshad, S.C. Park, Reissner-Nordström black holes in de Sitter space-time: bounds with quasinormal frequencies, ArXiv:2310.07311 [gr-qc].
- R. D'Inverno, Introducing Einstein's Relativity, Oxford University Press, 1992.
- D.A. Easson, The fate of Reissner--Nordström--de Sitter black holes: nonequilibrium discharge and evaporation, ArXiv:2605.20349.
- Bert Janssen, Gravitación y Geometría, EUG, 2022.
- E. Poisson, A relativist's Toolkit, Cambridge University Press, 2004.
- H. Stefani et al, Exact solutions to Einstein's Field Equations, Cambridge University Press, 1981 & 2009

- B.B. Wang, C.G. Huang, Class.Quant.Grav. 19 (2002) 2491-2502

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Cursar la asignatura de Relatividad General del Grado de Física.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: BERT JANSSEN

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: bjanssen@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: JUAN CARLOS MORENO MARTINEZ

Correo electrónico: jcmormar@correo.ugr.es