



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Modelos con dimensiones extra y materia oscura

Descripción general (resumen y metodología):

El Modelo Estándar de Partículas es muy exitoso en la descripción de los procesos físicos hasta energías de unos cuantos Tera-electronvoltios. No obstante, existen problemas tanto a nivel experimental como teórico (materia oscura, problema de las jerarquías, etc) que indican que el Modelo Estándar es en realidad una teoría efectiva que debe completarse a energías más altas. En el marco de la Física más allá del Modelo Estándar de Partículas, se han propuesto teorías con más de 4 dimensiones espacio-temporales, siendo el modelo de Randall-Sundrum uno de los más exitosos [1]. Para cada tipo de campo, esta clase de modelos predice estados nuevos con masas más pesadas que las masas de las partículas conocidas hasta la fecha, y que son llamados modos de Kaluza-Klein (KK). Además, estos modelos predicen un nuevo campo de tipo escalar denominado radión [2].

En los últimos años, los modelos con más de 4 dimensiones se han usado tanto en el marco de física de partículas como en estudios cosmológicos [3]. Las teorías con dimensiones extra suelen incluir una o varias branas, que son superficies de dimensión menor que viven dentro de un espacio-tiempo de dimensión mayor llamado bulk. Suele asumirse que algunos de los campos (típicamente los campos del Modelo Estándar (SM) correspondientes a la materia ordinaria) sólo pueden propagarse en una de las branas, mientras que otros campos pueden propagarse en el bulk, y por tanto también entre varias branas.

Existen en la literatura algunos estudios que tratan de explicar la materia oscura (DM) en el marco de los modelos con dimensiones extra, y que incluyen un 'sector oscuro' completo que vive en una 'brana oscura' que interactúa débilmente con el sector visible del SM [4, 5, 6]. En esta parte del proyecto, estudiaremos un modelo de 5 dimensiones con tres branas, pudiendo el sector oscuro interactuar con los campos del SM mediante el intercambio de radiones y/o gravitones. Este trabajo propone un estudio de la capacidad de los modelos con dimensiones extra para explicar la física de la materia oscura. Las técnicas matemáticas a desarrollar son los métodos basados en la mecánica cuántica, la relatividad general y las teorías de gravedad en dimensiones extra. Otros trabajos relacionados con el estudio propuesto en este TFG son [7, 8].

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

Objetivos planteados:

Se abordarán los siguientes objetivos:

- 1) Estudio de los modos de KK del gravitón y del radión: masas y funciones de onda. Estudio de los acoplamientos de estos campos con los campos del SM y del Sector Oscuro.
- 2) Estudio de procesos de detección directa de materia oscura mediante la interacción entre el sector del SM y el sector oscuro.
- 3) Estudio de ligaduras indirectas en cosmología: evolución cosmológica del sistema radión-DM en interacción con los campos del SM. Se plantearán y se resolverán las ecuaciones de Boltzmann correspondientes para un universo en expansión [9].

Bibliografía básica:

- [1] "A large mass hierarchy from a small extra dimension", L. Randall, R. Sundrum, Phys. Rev. Lett. 83 (1999) 3370.

- [2] "Radion dynamics and electroweak physics", C. Csaki, M.L. Graesser, G.D. Kribs, Phys. Rev. D63 (2001) 065002.
- [3] "Cosmology and string theory", H. Nastase, Fundamental Theories of Physics 197 (2019).
- [4] "Secluded Dark Matter Coupled to a Hidden CFT", B. von Harling B, K.L. McDonald, JHEP 08 048 (2012).
- [5] "The Warped Dark Sector", P. Brax, S. Fichet, P. Tanedo, Phys. Lett. B 798 135012 (2019).
- [6] "Dark branes for dark matter", F. Koutroulis, E. Megías, S. Pokorski, M. Quirós, Phys. Rev. D 110 (2024) 5, 055015.
- [7] "Continuum dark matter", C. Csáki, S. Hong, G. Kurup, S.J. Lee, M. Perelstein, W. Xuw, Phys. Rev. D 105 (2022) 3, 035025.
- [8] "Cosmological dark matter from a bulk black hole", S. Fichet, E. Megías, M. Quirós, Phys. Rev. D 107 (2023) 11, 115014.
- [9] "Cosmology, Part III Mathematical Tripos", D. Baumann, 2015.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Se recomienda que la/el estudiante curse las asignaturas "Relatividad General" y "Teoría de Campos y Partículas".

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: EUGENIO MEGÍAS FERNÁNDEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

Correo electrónico: emegias@ugr.es

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

Nombre y apellidos: MAR BASTERO GIL

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: mbg@ugr.es

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:

Correo electrónico: