

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA



Black holes, wormholes and extended objects for gravity in higher dimensions

Tesis en cumplimiento parcial de los requisitos
para optar al grado académico de
Doctor en Ciencias Físicas

por

Julio Eduardo Oliva Zapata

Director de Tesis : Dr. Ricardo Troncoso

Comisión : Dr. Mauricio Cataldo
Dr. Juan Crisóstomo
Dr. Jorge Zanelli

Concepción, Chile
Septiembre 2007

Resumen

En esta tesis se presentan y analizan nuevas soluciones de vacío para teorías de gravitación en altas dimensiones. Los espaciotiempos presentados describen agujeros negros, agujeros de gusano y objetos extendidos. La existencia en el vacío de soluciones bien comportadas es usada como criterio para discriminar entre las posibles teorías de gravitación que aparecen en dimensiones mayores que cuatro.

Hasta ahora no se conocían soluciones de agujero de gusano en el vacío. En esta tesis se presenta el primer espaciotiempo de este tipo, como solución de vacío de teorías de gravitación en donde el único campo dinámico es la métrica del espaciotiempo. Esta solución es construida en todas las dimensiones impares para un caso especial de la teoría de Lovelock, en el cual la solución de curvatura constante es única. El agujero de gusano presentado no viola ninguna condición de energía pues no hay materia presente, y más aún se muestra que la solución es estable bajo perturbaciones de campo escalar. El cuadrado de la masa de esta perturbación está acotado inferiormente por un número negativo el cual depende de la geometría en el borde del espaciotiempo. Esta cota es siempre mayor o igual a la cota de Breitenlohner-Freedman. Notablemente la métrica del agujero de gusano permite encontrar una expresión exacta para el espectro del campo escalar. En el caso en el que el campo escalar es no-minimalmente acoplado a la gravedad, es posible mostrar que el agujero de gusano es estable bajo perturbaciones de campo escalar con condición asintótica no trivial para los cuales el cuadrado de la masa satisface también una cota superior. Incluso en este caso, aunque el escalar de Ricci del espaciotiempo no es constante, es posible encontrar una expresión exacta para el espectro del campo escalar, el cual puede ser cuantizado con tres tipos de condiciones de borde diferentes. Estas cuantizaciones están caracterizadas por el decaimiento del campo, el cual puede ser rápido o lento con respecto de cada región asintótica.

La existencia de agujeros de gusano como soluciones de vacío, es debida a la no trivialidad de la geometría su borde. En esta tesis mostramos que el permitir geometrías genéricas en el borde abre la posibilidad de obtener diferentes geometrías con estructura global no trivial. En el contexto de la teoría de Einstein-Gauss-Bonnet en cinco dimensiones se presenta una clasificación exhaustiva dentro de una clase dada de espaciotiempos. Para valores genéricos de las constantes de acoplamiento de la teoría, se prueba que la solución general se reduce a la extensión topológica de la solución de Boulware-Deser. Se prueba también que una variedad mucho más amplia de geometrías es posible, en el caso especial en que la constante de acoplamiento del término de Gauss-Bonnet está relacionada con la constante cosmológica y la constante de Newton. Estas geometrías describen agujeros negros, nuevos agujeros de gusano y espaciotiempos tipo “corneta”.

En esta tesis se prueba que las teorías de gravitación en altas dimensiones también pueden ser seleccionadas requiriendo la existencia de soluciones de objeto extendido bien comportadas. Se estudian compactificaciones simples, definidas como compactificaciones de Kaluza-Klein con dilatón constante y con campos de gauge nulos. Requiriendo la existencia de compactificaciones simples con asintotia plana y simetría esférica en la sección transversal, se muestra que la teoría de Einstein-Gauss-Bonnet admite este tipo de soluciones sólo para el caso en el que el único término presente es el de Einstein o el de Gauss-Bonnet, y no para una combinación lineal arbitraria de ellos. Dependiendo de la dimensión y la teoría considerada, mostramos que una jerarquía de soluciones tipo objeto extendido aparece, las cuales describen cuerdas y p-branas negras. Bajo las mismas hipótesis, mostramos que las soluciones de compactificación simple adoptan una estructura similar, para una amplia clase de teorías dentro de la familia de teorías de Lovelock que aceptan extensiones toroidales. Estas teorías se caracterizan por el hecho que la solución de curvatura constante es única. Se discute la termodinámica de las p-branas negras y se muestra que aparece un análogo a la transición de Gregory-Laflamme, independientemente de la dimensión o la teoría, y no solo para Relatividad General.

Siguiendo diferentes criterios, mostramos que la clase de teorías favorecidas son aquellas que poseen un único vacío maximalmente simétrico. Esto garantiza la existencia de nuevas soluciones bien comportadas, las que incluyen agujeros negros, agujeros de gusano y objetos extendidos.