

Campos cuánticos y gravitación

J. M. Sánchez Velázquez, J. A. R. Cembranos y L. J. Garay

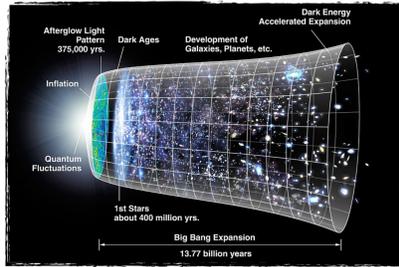
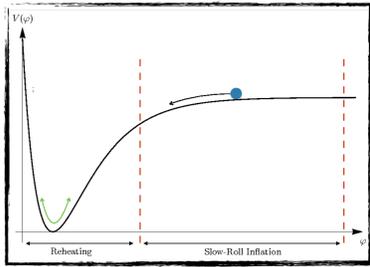


Introducción

ALGUNAS DE LAS PREGUNTAS más fundamentales de la Física Moderna están relacionadas con la interacción entre la gravedad y el mundo cuántico.

Algunos aspectos de esta cuestión son el tema central de estudio de esta tesis.

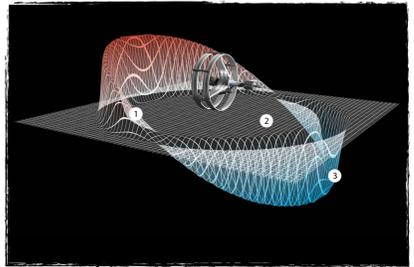
En particular estudiamos la producción de **materia oscura** por efectos puramente gravitatorios en el universo temprano teniendo en cuenta acoplos no mínimos entre el campo y la curvatura.



Por otro lado, estudiamos la estabilidad de soluciones en relatividad general que permiten viajar a **velocidades superlumínicas**.

Estas soluciones necesitan densidades de energía negativa para producirse. Las **fluctuaciones de vacío** pueden proporcionarla.

No obstante, estas fluctuaciones producen **inestabilidades** con las que hay que lidiar.



Producción cosmológica de partículas

UNO DE LOS EFECTOS más relevantes de la gravedad en la cuantización de campos es la creación de partículas, ya que el **vacío** no es único, sino que **depende del observador**.

En **contextos cosmológicos**, la producción de partículas se debe a la evolución temporal del espacio-tiempo, lo que se traduce en que el **estado de vacío evoluciona**.

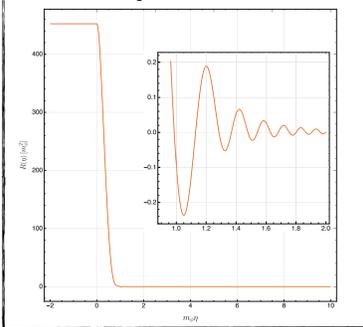
Este mecanismo de producción podría **explicar la abundancia actual** de **materia oscura** si consideramos que está constituida por un campo fundamental.

Estudiamos el caso en que la materia oscura está descrita por un **campo escalar masivo no mínimamente acoplado a la gravedad** a través del **escalar de curvatura**.

Considerando la **métrica de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker** en coordenadas conformes y exigiendo una **dinámica cuántica unitaria** para el campo, podemos expresar su operador como un desarrollo en modos de Fourier.

Este desarrollo depende de unas **funciones de modo** que deben determinarse a partir de las ecuaciones de movimiento. Las funciones de modo obedecen ecuaciones como las del **oscilador armónico**, pero con una **frecuencia dependiente del tiempo**.

Escalar de curvatura durante inflación y recalentamiento



Una vez tenemos la producción al final de recalentamiento, evolucionamos el resultado hasta la actualidad y calculamos la **abundancia**.

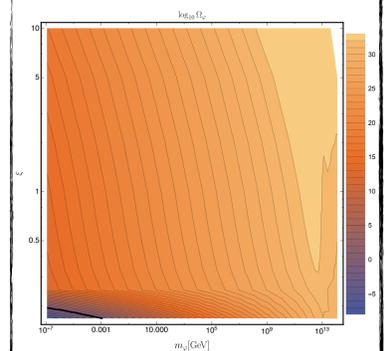
Podemos poner **cotas a la masa** de la **materia oscura** y a su **acoplamiento con la gravedad**, que dependen de la **temperatura de recalentamiento**, así como de los parámetros del modelo de inflación.

La **dinámica del escalar de curvatura** provoca **inestabilidades taquiónicas** en el campo, **amplificando** la producción gravitacional.

La **elección de vacío en Cosmología** es un problema abierto.

Consideramos el periodo inflacionario como una solución de De Sitter. El vacío inicial es el **de Bunch-Davies**. Para cualquier otro instante, usamos **vacío adiabático**.

Abundancia de materia oscura



Inestabilidad de soluciones clásicas

LA ENERGÍA ES RESPONSABLE de la gravedad. Las **fluctuaciones de vacío** pueden modificar las soluciones clásicas a las ecuaciones de Einstein.

También pueden dar lugar a **energía negativa**, y son, por tanto, interesantes en el estudio de espacio-tiempos exóticos que **violen las condiciones de energía**.

La solución de Alcubierre permite viajar globalmente a **velocidades superlumínicas** mediante la **contracción** del espacio delante del observador y la **expansión** del mismo a su espalda. Se puede entender como una burbuja de espacio-tiempo que se desplaza.

El observador **no sufre dilatación temporal** y, por tanto, no daría lugar a paradojas como la de los gemelos.

La cantidad de energía negativa necesaria para construir una burbuja capaz de transportar personas es del orden de la masa de la galaxia, por lo que solo podría ser viable para transportar átomos.

Introducir las fluctuaciones de vacío provoca la inestabilidad de la burbuja debido a la divergencia de la energía. Esto está relacionado con la acumulación de geodésicas nulas.

Para estabilizarlo, hemos propuesto trayectorias que eviten la acumulación de geodésicas nulas. Lo hemos conseguido combinando un movimiento de zigzag con regímenes sublumínicos en el cambio de dirección.

