



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

<b>Tutor/a:</b>	Mar Bastero Gil
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	Física Teórica y del Cosmos
<b>Correo electrónico:</b>	
<b>Cotutor/a:</b>	
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	
<b>Correo electrónico:</b>	

**Título del Trabajo:** Fase de recalentamiento después de inflación y equilibrio térmico

<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:

La descripción de la historia térmica estándar de nuestro universo en expansión comprende un periodo donde básicamente era un plasma de partículas relativistas en equilibrio, y la densidad de energía total por tanto se comportaba como radiación, necesario para la síntesis de los núcleos ligeros [1]. Antes de dicho periodo, necesitamos asumir un periodo inflacionario, en el cual el universo se expande aceleradamente, para poder explicar los problemas de la cosmología estándar y generar el espectro primordial de fluctuaciones que dará lugar a la estructura a gran escala que observamos. Una vez acaba inflación, la transición entre inflación y un universo en equilibrio térmico dominado por la radiación se denomina “recalentamiento” [2]. Los primeros instantes de dicho periodo de recalentamiento puede estar dominado por ejemplo por procesos de resonancia paramétrica que dan lugar a distribuciones de partículas fuera del equilibrio [3]. Sin embargo todavía es un problema abierto saber como se alcanza el equilibrio térmico, si el proceso al final tiende a ralentizarse o por el contrario se produce una termalización “rápida” similar a lo que se observa en los experimentos con iones pesados. Recientemente en [4] se propuso estudiar dicho problema siguiendo la evolución de las distribuciones iniciales de partículas fuera del equilibrio, obtenidas durante los primeros instantes del recalentamiento después de inflación, con las ecuaciones de Boltzmann. Los resultados semi-analíticos de dicho trabajo parecen indicar que efectivamente el sistema termaliza rápidamente.

### Objetivos planteados:

El objetivo del trabajo se centraría en entender bien las limitaciones y ventajas de dicha técnica, y aplicarlo a un problema concreto, es decir, a un modelo inflacionario concreto consistente con las observaciones actuales. Uno de los parámetros necesarios para entender la evolución de nuestro universo después de inflación es justamente la temperatura a la cual el universo alcanza el equilibrio térmico, lo que se conoce como temperatura de recalentamiento. Queremos comparar la predicción estándar para dicha temperatura, asumiendo que los procesos perturbativos al final del recalentamiento dominan, con lo que se obtendría en principio aplicando este esquema de combinar procesos no perturbativos de producción de

### Metodología:

Se estudiará el método analítico propuesto en [4], combinando una descripción simplificada de la producción inicial de partículas mediante resonancia paramétrica después de inflación con la evolución de las funciones de distribución mediante las ecuaciones de Boltzmann en un universo en expansión. Dado un modelo específico inflacionario, dicha distribución inicial se puede obtener numéricamente. Se compararán los resultados numéricos con las aproximaciones analíticas.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Facultad de  
Ciencias  
Sección de  
Físicas

**Bibliografía:**

- [1] “The Early Universe”, E. W. Kolb and M. S. Turner, Front. Phys. 69 (1990).
- [2] “Particle production and reheating in the inflationary universe”, I. G. Moss and C. M. Graham, Phys. Rev. D78 (2008) 123526. [arXiv:0810.2039 [hep-ph]].
- [3] “Towards the theory of reheating after inflation”, L. Kofman, A. D. Linde and A. A. Starobinsky, Phys. Rev. D56 (1997) 3258 (1997) [hep-ph/9704452].
- [4] “Kinetic equilibration after preheating”, R. Brandenberger, R. Namba and R. O. Ramos, arxiv:1908.09866.

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

Alumno/a propuesto/a: David Gómez Cara

Granada, de 2023

Sello del Departamento