



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

<b>Tutor/a:</b>	Pablo I. Hurtado Fernández
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	Electromagnetismo y Física de la Materia
<b>Cotutor/a:</b>	
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	

<b>Título del Trabajo:</b>	Termodinámica del Universo temprano
----------------------------	-------------------------------------

<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	X	4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio	
		2. Estudio de casos teórico-prácticos		5. Elaboración de un proyecto	
		3. Trabajos experimentales		6. Trabajo relacionado con prácticas externas	

### Breve descripción del trabajo:

A día de hoy existe un amplio conjunto de evidencias que indican que el Universo comenzó abruptamente hace aproximadamente 13.750 millones de años en un evento singular que conocemos con el nombre de *Big Bang*. La termodinámica y la física estadística juegan un papel crucial en la comprensión de la secuencia de transiciones que el Universo temprano sufrió poco después de este *Big Bang*. Estas transiciones dejaron diferentes huellas que la astrofísica ha explotado para estudiar las propiedades del Universo en sus primeros momentos de vida.

El objetivo de este trabajo consiste en realizar una revisión bibliográfica de la física estadística y la termodinámica del Universo primigenio y sus predicciones para los estadios iniciales de la evolución del Universo. Para ello se usaran diferentes herramientas, tales como la teoría del gas ideal clásico, así como de los gases ideales cuánticos de fermiones y bosones, junto con la teoría del equilibrio químico. Con esto se pretende entender mejor desde un punto de vista mecano-estadístico la física del Universo temprano.

### Objetivos planteados:

1. Repaso de herramientas de física estadística útiles para el objetivo general de este trabajo descrito arriba.
2. Descripción del modelo cosmológico estándar: evidencias observacionales del Big Bang, expansión acelerada del Universo, radiación de fondo microondas, abundancias relativas de los elementos primordiales, etc.
3. Revisión bibliográfica de la historia térmica del Universo y diferentes predicciones mecano-estadísticas en el Universo primigenio.

### Metodología:

En una primera fase se abordará la revisión de los elementos de física estadística necesarios para estudiar la evolución del Universo temprano. En particular se repasarán las propiedades de los gases ideales clásicos, así como la física de los gases ideales cuánticos de bosones y fermiones, junto con la teoría del equilibrio químico. Para ello el estudiante usará extensivamente la bibliografía que se indica más abajo. Tras esta primera etapa, se procederá a revisar algunos elementos del modelo cosmológico estándar, como por ejemplo las evidencias observacionales del Big Bang, la expansión acelerada del Universo, radiación de fondo microondas, abundancias relativas de los elementos primordiales, etc. Tras esta fase inicial, el estudiante procederá a revisar diferentes predicciones mecano-estadísticas para la evolución del Universo temprano. Entre otras, se podrán abordar temas como la evolución de la temperatura del Universo, la física estadística de electrones, positrones y neutrinos relativistas, la fracción de neutrones, aniquilación de pares electrón-positrón, temperatura de neutrinos, nucleosíntesis primordial, recombinación, etc.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Facultad de Ciencias  
Sección de Físicas

**Bibliografía:**

- R.K. Pathria y P.D. Beale, *Statistical Mechanics* (3ª edición), Academic Press (2011)
- S. Weinberg, *Los tres primeros minutos del Universo*, Alianza Editorial (2016)
- M. Roos, *Introduction to Cosmology*, Wiley (2015)
- A. Liddle, *An Introduction to Modern Cosmology*, Wiley (2015)
- D. Tong, *Lectures on Cosmology*, Cambridge DAMPT (2010)  
[<http://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/cosmo/cosmo.pdf>]
- A. Jaffe, *Lecture Notes on Cosmology*, Oxford (2012)  
[[http://www.sr.bham.ac.uk/~smcgee/ObsCosmo/Jaffe\\_cosmology.pdf](http://www.sr.bham.ac.uk/~smcgee/ObsCosmo/Jaffe_cosmology.pdf)]

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

Alumno/a propuesto/a:

Granada, 18 de Mayo 2022