



Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

Tutor/a:	Javier Fuentes Martín
Departamento y Área de Conocimiento:	Física Teórica y del Cosmos
Correo electrónico:	javier.fuentes@ugr.es
Cotutor/a:	
Departamento y Área de Conocimiento:	
Correo electrónico:	

Título del Trabajo: Formulación de la Integral de Caminos en Teorías de Campos Efectivas			
Tipología del Trabajo: (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:

Las Teorías de Campos Efectivas tienen un amplio rango de aplicaciones en múltiples áreas de la Física. Mediante la relación de una Teoría de Campos con su correspondiente Teoría de Campos Efectiva, complicados problemas con varias escalas de energía se reducen a una serie de problemas más sencillos con una única escala, al tiempo que se aumenta el poder predictivo de la teoría inicial por medio de técnicas de resumación de logaritmos del cociente de escalas. El uso de Teorías de Campos Efectivas resulta especialmente relevante en Física de Partículas, donde la existencia de posibles partículas pesadas aún por descubrir es analizada a través de la búsqueda de sus efectos en experimentos a más bajas energías. El proceso de conectar una Teoría de Campos con su Teoría de Campos Efectiva recibe el nombre de *matching*. Existen dos técnicas estándar para realizar el proceso de *matching*:

- *Matching diagramático*: Este es el método más común. Consiste en el cálculo diagramático de funciones de Green (“diagramas de Feynman”) con partículas ligeras en las patas externas, tanto en la Teoría de Campos inicial como en la Teoría de Campos Efectiva, seguido de la comparación directa (o *matching*) de ambas contribuciones en el límite de bajas energías.
- *Matching con la integral de caminos o funcional*: Un método alternativo consiste en utilizar la formulación de la integral de caminos en Teorías Cuánticas de Campos para “integrar” los grados de libertad pesados, sin necesidad de calcular ninguna función de Green específica, y extraer la dinámica relevante a bajas energías en términos de grados de libertad ligeros.

La inclusión de efectos cuánticos (cálculos a un lazo) al proceso de *matching* resulta especialmente relevante en Física de Partículas ya que las contribuciones de muchas teorías a ciertos observables experimentales sólo aparecen una vez estos efectos han sido tenidos en cuenta. En la práctica, sin embargo, incluir efectos cuánticos en el proceso *matching* resulta extremadamente tedioso para teorías realistas. Por este motivo, ha habido un reciente auge en el desarrollo de herramientas computacionales que asistan el proceso de *matching*, incluyendo contribuciones importantes por parte de miembros de la UGR. El *matching* funcional posee considerables ventajas para su automatización ya que ofrece una formulación más sistemática que, en contraste con la formulación diagramática, permite obtener directamente la correspondiente Teoría de Campos Efectiva sin necesidad de tener un conocimiento previo sobre ella. Pese a ello, algunos aspectos técnicos de la formulación del *matching* funcional han sido desarrollados muy recientemente, por lo que la comparación entre ambas formulaciones aún resulta relevante.



Objetivos planteados:

El objetivo de esta propuesta de Trabajo de Fin de Grado es que el alumno se familiarice con las técnicas de *matching* de Teorías de Campos Efectivas, tanto en su formulación diagramática como funcional, con especial énfasis en la formulación funcional. Para ello, se seguirá una aproximación teórico-práctica en la que el alumno estudiaría la bibliografía reciente sobre el tema, al tiempo que calculará ejemplos de *matching* concretos en Teoría de Campos sencillas. Dicho estudio se realizará tanto a nivel clásico como incluyendo efectos cuánticos. El alumno también aprenderá a usar herramientas computacionales de *matching*, que servirán de apoyo para los cálculos explícitos.

Metodología:

El trabajo de Fin de Grado propuesto seguirá la siguiente metodología:

- Familiarización con las técnicas de *matching*, tanto diagramático como funcional, por medio del estudio de la introducción pedagógica al tema en la referencia [1].
- Profundización en los métodos funcionales por medio del estudio de las publicaciones [2-4].
- Aplicación de las técnicas aprendidas a un ejemplo concreto de Teoría de Campos sencilla.
- Aprendizaje de las herramientas computacionales de *matching* disponibles [4-5], y uso de éstas para la comprobación de los resultados obtenidos en el punto anterior.

Bibliografía:

[1] T. Cohen, *As Scales Become Separated: Lectures on Effective Field Theory*, PoS TASI2018 (2019) 011 [arXiv:1903.03622]

[2] Javier Fuentes-Martín, Jorge Portolés, Pedro Ruiz-Femenía, *Integrating out heavy particles with functional methods: a simplified framework*, JHEP 09 (2016) 156, [arXiv:1607.02142]

[3] T. Cohen, X. Lu, and Z. Zhang, *Functional Prescription for EFT Matching*, JHEP 02 (2021) 228, [arXiv:2011.02484]

[4] J. Fuentes-Martín, M. König, J. Pagès, A. E. Thomsen, and F. Wilsch, *SuperTracer: A Calculator of Functional Supertraces for One-Loop EFT Matching*, JHEP 04 (2021) 281, [arXiv:2012.08506]

[5] Adrián Carmona, Achilleas Lazopoulos, Pablo Olgoso, José Santiago, *Matchmakereft: automated tree-level and one-loop matching*, [arXiv:2112.10787]

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

Sello del Departamento