



Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas (curso 2021-2022)

Responsable de tutorización: Manuel Pérez-Victoria Moreno de Barreda
Departamento: Física Teórica y del Cosmos
Área de conocimiento: Física Teórica

Responsable de cotutorización: José Antonio Gálvez López
Departamento: Geometría y Topología
Área de conocimiento: Geometría y Topología

(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de un estudiante)
Estudiante que propone el trabajo: Clara Hernández García

Título: Nuevos métodos y nuevas estructuras matemáticas en física de partículas elementales

Tipología del trabajo (marcar una o varias de las siguientes casillas):

- 1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación
- 2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir del material disponible en los centros
- 3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.
- 4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
- 5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional
- 6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

Descripción y resumen de contenidos:

Este trabajo de fin de grado pretende explorar algunos temas de actualidad en física matemática, esto es, en la intersección entre las dos disciplinas que conforman el doble grado.

Nuestro conocimiento más fundamental de la naturaleza está codificado en las amplitudes de colisión, números complejos que proporcionan las probabilidades de las diversas interacciones entre partículas elementales. Durante más de medio siglo, la descripción de estas amplitudes se ha basado en campos cuánticos, cuya dinámica viene determinada por una acción a través de la integral de caminos. Usualmente, los cálculos de amplitudes se realizan perturbativamente mediante diagramas de Feynman.

En la última década se han desarrollado una serie de enfoques alternativos al cálculo de amplitudes de colisión. Estas nuevas ideas están revolucionando nuestra capacidad de cálculo y prometen también revolucionar nuestra comprensión de las leyes de la naturaleza. Han permitido descubrir estructuras matemáticas presentes en la teoría cuántica de campos, incluyendo algunas novedosas, y abren el camino hacia una nueva descripción de la física en la que conceptos tan básicos como el espacio y el tiempo no se postulan a priori sino que emergen como consecuencia de tales estructuras.

Este trabajo de fin de grado está pensado como introducción a las nuevas ideas sobre las amplitudes de colisión. Entre otros se tratarán los siguientes temas:

- Formalismo de helicidad espinorial.
- Relaciones de recurrencia *on-shell* y construcción de amplitudes.
- Geometría proyectiva: representación de amplitudes en el espacio de twistores.
- Amplitudes como volúmenes: variedades Grassmannianas y el amplituedro.

Actividades a desarrollar:

- I. Estudio de la bibliografía sobre nuevos métodos en amplitudes de colisión y práctica mediante cálculos sencillos.
- II. Aplicación a teorías efectivas de partículas con diversos espines. Se estudiarán algunas aplicaciones recientes y se intentarán explorar nuevas ideas. Esta última parte de iniciación a la investigación se adaptará a los avances que se vayan realizando y al estado del conocimiento en el tema.

En conjunto, el trabajo de fin de grado requiere 12 créditos.

Objetivos planteados

- Introducirse en estos temas punteros.
- Descubrir la sinergia entre física teórica y matemáticas avanzadas.
- Proporcionar un primer contacto con la investigación en física matemática.

Bibliografía

- Como motivación: Quanta Magazine, "A jewel at the heart of quantum physics", <https://www.quantamagazine.org/physicists-discover-geometry-underlying-particle-physics-20130917>
- N. Arkani-Hamed (2013-08-30). "The amplituhedron" (video). SUSY 2013 Conference Video Archive, http://susy2013.ictp.it/video/05_Friday/2013_08_30_Arkani-Hamed_4-3.html.
- L.J. Dixon, "Scattering amplitudes: the most perfect microscopic structures in the universe", J.Phys.A 44, 454001 (2011) [arXiv:1105.0771].
- C. Cheung, "Tasi lectures on scattering amplitudes", arXiv:1708.03872.
- H. Elvang and Y. Huang, "Scattering amplitudes", arXiv:1308.1697.
- N. Arkani-Hamed, T.C. Huang, Y. Huang, "Scattering amplitudes for all masses and spins", arXiv:1709.04891.
- T. Adamo, "Lectures on twistor theory", arXiv:1712.02196.
- N. Arkani-Hamed, J. Bourjaily, F. Cachazo, A. Goncharov, A. Postnikov, "Grassmannian geometry of scattering amplitudes", Cambridge University Press, 2016 [arXiv:1212.5605].

- N. Arkani-Hamed, J. Trnka, "The amplituhedron", JHEP 10 (2014) 030 [arXiv:1312.2007].

- G. Durieux, T. Kitahara, Y. Shadmi, Y. Weissa, "The electroweak effective field theory from on-shell amplitudes", JHEP 01 (2020) 119 [arXiv:1909.10551].

Firma del estudiante
(solo para trabajos propuestos por alumnos)

Firma del responsable de tutorización

Firma del responsable de cotutorización

En Granada, a 18 de mayo de 2021