Downloaded from UvA-DARE, the institutional repository of the University of Amsterdam (UvA)
http://dare.uva.nl/document/197878

File ID	197878
Filename	Resumen

SOURCE (OR PART OF THE FOLLOWING SOURCE):

Type	Dissertation
Title	Quantum field dynamics and the 2PI effective action
Author	A.X. Arrizabalaga
Faculty	Faculty of Science
Year	2004
Pages	160

FULL BIBLIOGRAPHIC DETAILS:
http://dare.uva.nl/record/166263

Copyright

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other then for strictly personal, individual use.

UvA-DARE is a service provided by the library of the University of Amsterdam (http://dare.uva.nl)

Resumen

Mientras escribía esta tesis, miraba muchas veces como mi hijo Tristán jugaba con sus juguetes. Lo que más le divertía era coger varios de ellos y chocarlos fuertemente entre sí, a ver que sucedía. Si alguno se rompía, miraba maravillado las piezas rotas, y tras un momento de detenida observación, los cogía y de nuevo los chocaba entre sí. Todo esto lo hacia de manera intuitiva, sin que nadie se lo hubiera enseñado. Me resultaba sorprendente ver como el afán por saber forma una parte tan esencial de la naturaleza del ser humano.

Esta innata curiosidad es lo que nos ha llevado, a lo largo de la historia, a descubrir que la materia no es contínua, sino que esta hecha de átomos, que a su vez estan hechos de partículas más pequeñas, como son los protones y neutrones, que forman parte del núcleo atómico, y los electrones, que orbitan a su alrededor. Al ser los protones de carga eléctrica positiva y los neutrones neutros, el núcleo atómico deberia deshacerse debido a la fuerza electromagnética. La razón por la que permanece unido es la existencia de una fuerza más intensa que la electromagnética, que atrae a los nucleones entre sí: La *fuerza fuerte*.

Para profundizar aún más en nuestro conocimiento de la estructura de la materia es necesario entender la fuerza fuerte. Desde mediados del siglo pasado, el principio que se ha venido utilizando para estudiar dicha fuerza es básicamente el mismo que usa mi hijo Tristán, es decir, chocar objetos a ver que pasa. Solo que lo que se hace chocar no son juguetes, sino nucleones, electrones o hasta iones de átomos pesados como el oro o el plomo, a unas velocidades cercanas a la de la luz, en el interior de aceleradores de partículas circulares de kilómetros de diámetro, como son los del CERN (Ginebra), DESY (Hamburgo) o RHIC (Brookhaven, Nueva York). Dichos experimentos no sólo han permitido entender mejor la naturaleza de la fuerza fuerte, sino que además han revelado la existencia de una cantidad considerable de nuevas partículas. Tanto la interacción fuerte como la aparición de estas nuevas partículas se puede explicar si se asume que tanto estas como los nucleones estan compuestos de otras más elementales, llamadas quarks. Los quarks interaccionan fuertemente entre sí intercambiando gluones, de la misma manera que los electrones sienten sus respectivas cargas eléctricas intercambiando fotones, responsables de la fuerza electromagnética. De esta forma, los protones y neutrones del núcleo se mantienen unidos gracias al intercambio de gluones entre sus quarks constituyentes.

La diferencia principal entre la fuerza fuerte y la electromagnética es que la primera no disminuye al incrementar la distancia, sino que aumenta. Así mismo, cuanto más

cerca estan los quarks, más débil es la fuerza. La carga asociada a la fuerza fuerte recibe el nombre de "color", y aparece en tres variedades: rojo, verde y azul. El intercambio de gluones entre dos quarks, además, es capaz de cambiar sus respectivos colores. De ahí que la teoría que describe la interacción entre los quarks a través del intercambio de gluones se llama *cromodinámica cuántica* (cuyas siglas en inglés son QCD). Sin embargo, esta teoría permite describir los experimentos de colisión de partículas que se llevan a cabo en los aceleradores tan sólo en aquellos procesos donde la fuerza llevada por los gluones es más débil, es decir, cuando los quarks estan más cerca. Para describir situaciones donde la interacción es más fuerte, se requiere el uso de potentes computadoras. Aun así, muchas preguntas quedan por resolver. Una de las cuestiones más fundamentales, y de las que menos se entiende, es el por qué los quarks nunca aparecen sólos. Siempre estan confinados en grupos, de tal forma que la carga de color que tiene una determinada partícula (como el protón o neutrón) es neutra (en términos de color neutro=blanco).

Para entender completamente la fuerza fuerte es necesario saber como se produce el confinamiento de los quarks. Una de las maneras de averiguar por qué sucede es emplear la misma estrategia que mi hijo Tristán utiliza con sus juguetes, es decir, colisionar fuertemente los nucleones para ver si se puede romper la fuerza que confina a los quarks en su interior. Al comprimir muchos nucleones en una colisión, la fuerza fuerte disminuye, y por tanto sería posible, en teoría, romper el confinamiento. Este nuevo estado, parecido a una especie de sopa, en el que los quarks no estan confinados y se mueven casi libremente, recibe el nombre de *plasma de quarks y gluones*. En RHIC se realizan experimentos de colisión de iones de átomos pesados con el objetivo de producir este nuevo estado de la materia. Sin embargo, aunque se consiga en laboratorio el plasma de quarks y gluones, uno de los retos, tanto experimental como teórico, es determinar como se puede saber si en realidad el plasma se ha producido. Para ello es necesario identificar cuáles son los posibles rastros que tal plasma puede dejar, y que puedan ser vistos por los detectores.

Desde el punto de vista teórico, esto requiere conocer cómo se comportan en el estado de plasma las diferentes partículas producidas en la colisión. Al atravesar el plasma, que es muy caliente y denso, éstas interacionan con la multitud de quarks y gluones que lo forman. Una de las formás de estudiar esto es formular una teoría "efectiva" que tenga en cuenta desde el principio los procesos de colisión más importantes que ocurren en el plasma. En mi tesis, he estudiado un método teórico para la formulación de teorías efectivas que tengan en cuenta estos procesos. Este método construye una cantidad, llamada acción efectiva 2PI, que es capaz de describir la propagación de partículas en el plasma.

La aplicación de los métodos basados en la acción efectiva 2PI a teorías como QCD es muy complicado. Para entender bien el método, es mejor aplicarlo primero a teorías más sencillas, aunque no tengan una relevancia física tan directa. Por ello, la mayoría de la tesis esta dedicada al estudio de las propiedades de este método, principalmente en las llamadas teorías *escalares*, que son mucho más simples que QCD. Estas teorías son importantes para la construcción de modelos que describan el fenómeno de súbita expansión que se cree que experimentó el universo en la primera fracción de segundo de su existencia. Dicha expansión recibe el nombre de *inflación*. En mi tesis he estudiado

el comportamiento de teorías escalares, desde el punto de vista de la acción efectiva 2PI, en situaciones similares a las que experimentan los nucleones en las colisiones que ocurren en los aceleradores, es decir, fuera del equilibrio. Los métodos basados en la acción efectiva 2PI son capaces de describir fenómenos físicos muy interesantes como son la termalización o la transición de una fase a otra. La descripción correcta de estos fenómenos es necesaria si se quiere describir, en QCD, lo que ocurre durante una colisión de nucleones. En el caso de QCD, el uso de los métodos basados en la acción efectiva 2PI encuentra un obstáculo adicional, que es la *dependencia gauge*. Esta introduce ambiguedades para describir la fuerza fuerte. En mi tesis he examinado cuanto afecta la dependencia gauge los resultados obtenidos al usar estos métodos.

Todavía queda el utilizar los métodos basados en la acción efectiva 2PI para describir la fuerza fuerte de una forma cuantitativa, haciendo uso de potentes ordenadores, para identificar cuales son los mecanismos físicos más importantes que tienen lugar en una colisión de iones pesados como la que ocurre en los aceleradores, y obtener más información sobre el estado de plasma de quarks y gluones que, presumiblemente, se forma durante esos experimentos. De esta manera, podremos satisfacer un poquito más nuestra innata curiosidad por saber que es lo que compone la materia. Y así, podremos responder a la pregunta que mi hijo Tristán se plantea a menudo: Qué sucede si choco estos dos juguetes muy muy muy muy fuerte (tan fuerte como para crear un plasma de quarks y gluones)?