



Física Nuclear & Partículas. Diagramas de Feynman

LIC. MANUEL JENARO ORDOÑEZ ORTIZ

Se muestra una formulación matemática conocida como los Diagramas de Feynman para visualizar un proceso de interacción entre las partículas elementales.

INTRODUCCION

Unos 400 años antes de Cristo, el filósofo griego Demócrito dijo "Todas las cosas están hechas de granos muy pequeños, indivisibles y del vacío". Hoy en día los físicos dicen: "El cielo, la tierra, los vientos, los mares, los árboles, los animales, los seres humanos, todas las cosas están hechas de Quarks, electrones y el vacío". La Física es una búsqueda constante de nuestros antepasados: Quiénes son?, dónde están?, qué están haciendo?, de dónde vienen?

En ese largo camino de preguntas y respuestas se han desarrollado las técnicas de los aceleradores de partículas elementales para provocar colisiones entre los protones y antiprotones para obtener entre otras partículas, la partícula W (Weakon), que es una de las componentes de la luz

pesada, la misma que tiene vida muy corta y se desintegra en un QUARK (llamado TOP) y un anti-QUARK (llamado BOTTOM).

Pero los Quarks así generados no viven como partículas libres, ellos de alguna manera se acoplan para dar lugar a nuevas formas de vida.

Los Quarks son partículas que poseen sabor (I,S) y color (rojo, amarillo, azul, lila, etc.). Algunos de ellos tienen belleza como el Quark (Bottom), otros tienen encanto como el Quark "C" (charmonium).

Gran número de anti-protones provienen de la radiación cósmica debido a que las Galaxias están conformadas por materia y antimateria lo cual se debe a la existencia de mini-agujeros negros no emiten materia ni radiación lo que podría hacer pen-

sar que poseen campos de anti-materia.

Los Cuasares se forman por los gases que rodean a los agujeros negros. En el centro del Quasar perteneciente a la Galaxia N G C 4151, se encuentra un agujero negro que es cien millones de veces mas pesado que nuestro sol.

Nosotros los seres humanos somos parte de una materia excedente en el Universo, sólo por que hay menos anti-materia; pero durante el nacimiento, crecimiento y muerte de una estrella ocurren procesos nucleares que generan anti-materia que de alguna forma reducen la existencia de seres materiales.

Para visualizar la existencia de ese dualismo materia-anti-materia se han desarrollado una serie de técnicas matemáticas dentro de las cuales se encuentran los llamados DIAGRAMAS DE FEYMAN.

DIAGRAMAS DE FEYMAN

El estudio teórico de éstos diagramas están basados en la segunda cuantificación relativística de los cuatro campos que controlan nuestro universo: Campos Gravitacionales; campos electromagnéticos; campos llamados de las interacciones débiles y los campos de las interacciones fuertes.

Solo me limito a la presentación de algunos diagramas en proceso de interacción entre partículas por que el desarrollo matemático de ellos es muy extenso.

DIAGRAMA DE FEYMAN PARA LA DISPERSION DE DOS ELECTRONES.

En la figura N° 1 se muestra los dos diagramas de Feynman correspondiente a la dispersión de dos electrones.

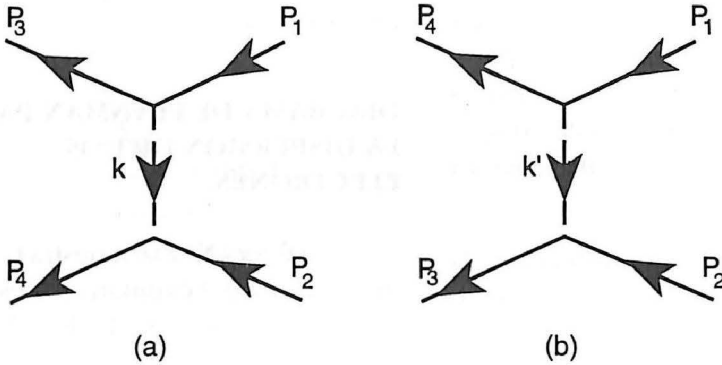
En ésta figura P1, P2, P3, P4 son los cuadrimentos lineales de los electrones; k y k' son los cuadrimentos lineales de los fotones virtuales creados durante el proceso.

Se han considerado dos diagramas porque los electrones son partículas idénticas; de modo que sus estados son permutables.

DIAGRAMA DE FEYMAN PARA LA DISPERSION DE DOS FOTONES

Este proceso no ocurre en la electrodinámica clásica; pero si es posible en la electrodinámica cuántica y ocurre con la producción de un par virtual electrón-positrón por los dos fotones iniciales, seguida con la aniquilación del par en dos fotones finales.

FIGURA N°1



En la figura N° 2 se muestra tres de los seis diagramas que representan este proceso en su primera aproximación.

Los otros tres diagramas se obtienen con tan solo cambiar el sentido de la flecha en los trazos continuos. La letra K representa el cuadrimomento lineal de cada fotón y la letra q el cuadrimomento lineal de un electrón virtual.

DIAGRAMAS DE FEYNMAN PARA LA REACCION PION-PROTON.

Este proceso es considerado para observar la producción de los bosones de Higgs en el rango de 15 Mev. a 200 Mev. El diagrama de Feynman para la reacción $\pi^- p \rightarrow H^0 n$ se muestra en la figura N°3 donde los canales indicados son los mismos del tema sobre los invariantes cinemáticos presenta-

FIGURA N°2

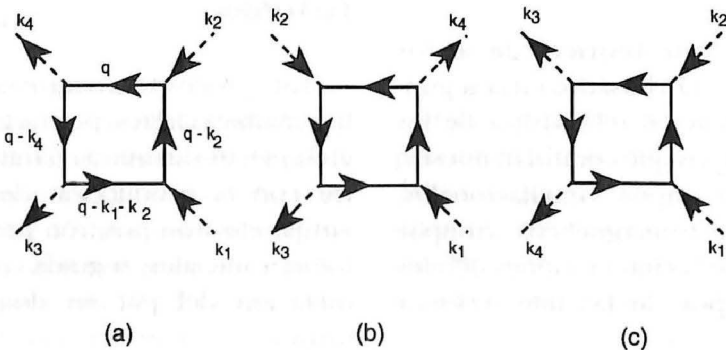
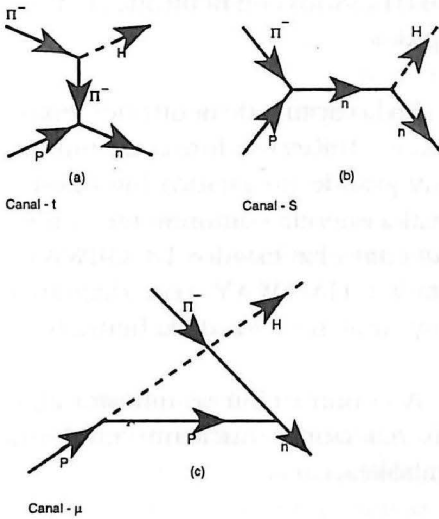


FIGURA N°3



un Neutrón real. Este tipo de diagramas se usan en el bombardeo de los núcleos, generalmente pesados, con piones de baja o alta energía (1.0 Gev.).

DIAGRAMAS DE FEYNMAN PARA LA REACCION PROTON - PROTON

En estas reacciones se considera que predomina la aniquilación del quark Partón - anti - partón en la producción de bosones Higgs (H) y de los pares $\mu^+ \mu^-$ en los estados residuales del continuum. En la figura No. 4 se muestran éstos diagramas.

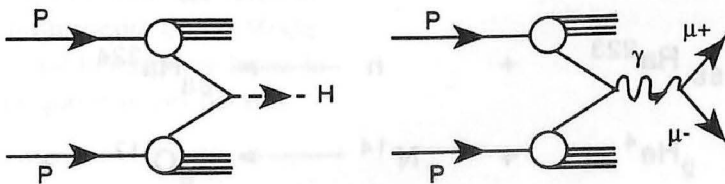
dos en la referencia No. 5 ; y, la letra H- representa un boson Higgs.

Los bosones Higgs, son bosones de luz que generalmente se desintegran en el par $e^+ e^-$. En el canal -S, el protón se aniquila con el Pión para dar lugar a un Neutrón virtual que se desintegra en un bosón Higg real y

En ésta figura (N°4) las líneas continuas cortas indican otras partículas, los círculos indican otros procesos. La letra p representa a un Protón la letra μ representa a un Muon.

Como el protón tiene isospin 1/2, entonces el acople de dos protones puede dar lugar a nuevas partículas

FIGURA N°4

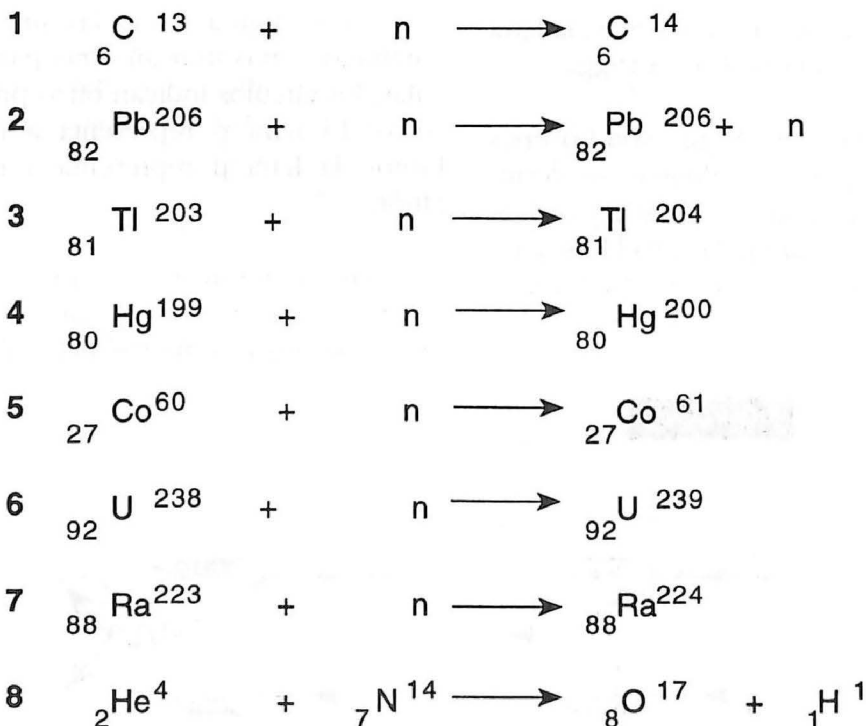


de isospin entero y de valores uno y cero; es decir a las partículas conocidas como Bosones. El boson Higgs es uno de ellos. Pero como los protones también tienen isospin 1/2 entonces también su acople genera bosones con spin uno o cero; tal es el caso de los fotones de luz (γ) virtuales que por la presencia de campos muy fuertes se desintegra en otras partículas leptónicas tales como el par (μ^+ μ^-) de muones. Naturalmente que los otros procesos que ocurren en la figura No. 4 deben asegurar la conservación de las otras variables cuánticas.

Un proceso de mucha importancia es el bombardeo de núcleos livianos o pesados con neutrones lentos o rápidos.

En la captura de neutrones lentos (2Kev - 10Kev) se forma un número muy grande de estados intermedios de alta energía comúnmente conocidos como los estados DOORWAY y estados HALLWAY con diagramas muy similares a los de la figura No.4.

A continuación se muestra algunas reacciones nucleares en forma simbólica.



126

En todas estas reacciones el núcleo a la derecha de cada igualdad es un núcleo compuesto que generalmente durante su formación emite radiación gamma (γ). El número superior derecho es el número másico (A), el número inferior izquierdo es el número atómico (Z). Naturalmente que una vez formado el núcleo compuesto, éste se desintegra via otros procesos. (También hay núcleos que permanecen estables).

Por ejemplo el Carbono catorce (${}_{6}C^{14}$) y el cobalto sesenta (${}_{27}Co^{60}$) son emisores de partículas Beta (β) las cuales pueden ser positivas o negativas; el Uranio (238), el Uranio (235), así como el Radio (224), son buenos emisores de partículas Alfa (${}_{2}He^{4}$).

La reacción indicada con el número (8) nos muestra el bombardeo de los núcleos de Nitrógeno (${}_{7}N^{14}$) con partículas Alfa de baja energía para dar Oxígeno (${}_{8}O^{17}$) e Hidrógeno de alta energía (${}_{1}H^{1}$).

Es maravilloso formar parte en una reacción nuclear y observar la formación de un núcleo compuesto. (El próximo artículo estará dedicado a la nave hacia ese universo nuclear, conocida comúnmente como Modelo Nuclear, y así llegaremos hasta la gota de agua que nos vió nacer.)

REFERENCIAS

- "Performance avec l'antimatière" - Courier du CERN - Vol: 23 - No. 9.
Physics Bulletin. vol. 34, No. 12. Leicester Printers.
Advances in Nuclear Physics. by Michel Baranger and Erich Vogt - Vol.7
Nuclear Fission, by Robert Vanden Bosch - Academic Press.
"Invariantes Cinemáticos", prof. Ordóñez Ortiz, M.J. Revista CIPI No. 6-1993. Universidad de Lima - Perú.