

APLICACIONES DE LA DETECCIÓN DE NEUTRINOS EN GEOFÍSICA Y MONITOREO DE LOS REACTORES NUCLEARES

Mejía Picón Juan Paulo (1), Dr. David Yves Ghislain Delepine (2), Dra. Claudia Erika Morales Hernández (3)

¹Bachillerato General, Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato | juanchonacho1@gmail.com

²División de Ciencias e Ingenierías | delepine@ugto.mx

³Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio de Nivel Medio Superior | ce.moraleshernandez@ugto.mx

Resumen

El descubrimiento de los neutrinos fue un gran avance para la tecnología y la ciencia abriendo nuevas puertas para la investigación e innovación, después de su profundo estudio se pudo saber cuál es el misterioso proceso de su origen, sus propiedades y la capacidades específicas que tiene, además de estos descubrimientos se logró observar que provienen de diversas partes como: el espacio, reactores nucleares e incluso de la corteza terrestre. El proyecto se enfoca en estos últimos que son más comúnmente llamados “geo-neutrinos”. Los geo-neutrinos, a diferencia de otro tipo de neutrinos provienen de los isótopos radiactivos que se encuentran en la tierra y que por medio del proceso llamado radiación o decaimiento beta nutren de energía al planeta. Estos procesos desprenden los llamados “geo-neutrinos” los cuales pueden proporcionarnos mucha información sobre la composición de nuestro planeta y donde se encuentran algunos isótopos de gran valor económico dentro de ella, es por esta y más razones que su investigación y comprensión es de suma importancia, pero ha sido una tarea difícil ya que su detección es muy compleja porque carece de tres de las cuatro interacciones fundamentales (Modelo Estándar)

Abstract

The Discovery of neutrinos was a breakthrough for science technology and opening new doors for search and innovation, after Deep study could know what the mysterious process of origin, Its properties and specific capabilities that have I addition to these findings it was possible to observe that come from various parts such as space, nuclear reactors and even the earth’s crust. The Project focuses on these last because they are more commonly called “geo-neutrinos”. The geo-neutrinos, unlike other types of neutrinos come from radioactive isotopes found in the earth and that through the process called radiation or energy decay nourishes the planet. These processes gives off called “geo-neutrinos” which can provide much information about the composition of our planet and where some isotopes of great economic value in it is for this and other reasons that their research and understanding is very importance but it has been difficult task because its detection is very complex because it lacks three of the four fundamental interactions (standard model)

Palabras Clave

Detectores; interacciones; composición; decaimiento; probabilidad

INTRODUCCIÓN

La física en nuestros tiempos tiene dos campos de estudio, la física que estudia objetos de gran tamaño como planetas, universos y galaxias es llamada física general, en cambio la física que estudia las partículas más diminutas es conocida como física cuántica, el estudio de los neutrinos se concentra en esta llamada física cuántica.

Modelo Estándar

Una base para la física de partículas es el “modelo estándar”, el cual nos da una visión de cómo es que se compone el mundo partiendo de las partículas más pequeñas y como es que se comportan, este modelo nos da cuatro interacciones fundamentales las cuales son: 1) interacción fuerte (color), 2) Interacción débil, 3) interacción electromagnética (carga), 4) interacción gravitacional (masa) [1]. Cada una se relaciona con una propiedad específica de la materia y si cuenta con esta puede ejercer la interacción, el modelo estándar de igual forma nos da algunas partículas con las cuales su propósito es describir el universo, entre estas encontramos 6 quarks (cada uno con sus colores los cuales son rojo, verde y azul), 6 leptones (cada uno con su antipartícula), estos son los aspectos de mayor interés para el tema que se observa en el proyecto ya que se puede entender que por la escasez de propiedades del neutrino no puede interactuar más que por la interacción débil y al saber que es un leptón sabemos que tiene una antipartícula, pero esto nos es de gran importancia ya que carece de carga, esto únicamente se agrega para no perder la estabilidad de la fórmula del decaimiento beta.

Neutrinos

El neutrino surge por primera vez de una manera puramente teórica, postulado para dar realidad a

la ley de la conservación de energía ya que a esta le faltaba un elemento para estar completa, varios investigadores postularon sobre esta partícula y comenzaron a analizarla en el decaimiento beta más su visualización surgió después de mucho tiempo ya que por sus características era una tarea casi imposible poder verlo, el primer científico en observar un neutrino fue Frederick Reines y colaboradores en Carolina del Sur [2]. Después de muchas observaciones y estimaciones de flujo de los neutrinos en el sol, se comenzaron a desarrollar detectores que fueran más eficaces y es así como se desarrollaron algunos detectores que se conocen hoy en día como el KamLand o el Kamiokande los cuales funcionan con agua detectan antineutrinos, pero existen otro tipo de detectores que funcionan con el proceso beta inverso y detectan neutrinos positivos, usando algunos elementos en estado gaseoso como mercurio y se detectan al ver que una partícula del elemento se reduce [3] (Figura 1).

Geo-neutrinos

Los geo-neutrinos son un tipo de neutrinos proveniente de la corteza de la tierra y de sus isotopos radioactivos que ejercen el decaimiento beta liberando energía la cual alimenta el núcleo de la tierra, en un principio con el descubrimiento de los neutrinos y de su generación se pensaba que la mayoría provenían del sol y unos cuantos de algunas supernovas, algunos científicos postularon que existían neutrinos que provenían de la tierra, pero esto no se podía comprobar con precisión. KamLand no de los más grandes detectores de neutrinos de nuestros tiempos, se ha concentrado en la tarea de investigar este tipo de neutrinos y nos dio el resultado que al menos el 50% de neutrinos detectados provienen del sol y el otro 50% provienen de la corteza terrestre, esto lo pudo llevar a cabo KamLand observando el espectro de energía de los geo-neutrinos y comparándolo con el de los isotopos que se encuentran en la tierra, además de esto KamLand en los últimos años se ha dedicado a la investigación ardua de estos neutrinos y se ha

trabajado en una aproximación de un flujo, que en un futuro sería de gran ayuda en los avances científicos[3].

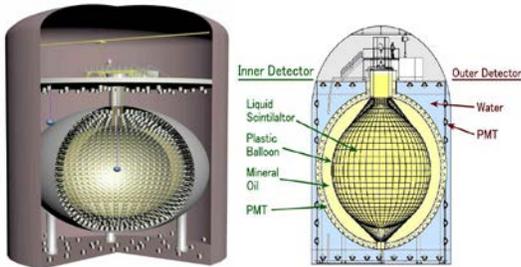


FIGURA 1: Composición del reactor KamLand [4], [5].

MATERIALES Y MÉTODOS

Un isótopo emite radiaciones para transformar su núcleo a otro diferente, a este proceso también se le conoce como decaimiento. Existen varios tipos de radiaciones o decaimientos, que surgen de diferente naturaleza cada una y son las siguientes:

Alfa: Son un agregado de dos neutrones y dos protones

Beta: Existen dos:

Partícula negativa: se emite un electrón, un protón y un antineutrino

Partícula positiva: Se emite un neutrón, un positrón y un neutrino

Gamma: Un electrón y un protón forman un neutrón

Los neutrinos surgen por el proceso llamado decaimiento beta el cual es el paso de que un núcleo inestable se vuelva estable, como se mencionó, este proceso ocurre tanto en la tierra se cómo en el espacio y se da gracias a los isótopos radiactivos que se encuentran en la corteza terrestre, (en el caso de la tierra) y en el espacio gracias a las explosiones de súper novas o a las explosiones recurrentes en el sol.

Los isótopos más importantes en el caso de la tierra son los siguientes:

-U32 -Th232 -K40

Ya que estos son los que dan más energía al centro de la tierra por que decaen en mayor cantidad que otros elementos, además de que estos decaimientos contienen más energía [7][2].

La radiación natural: procede de la transformación de los materiales radiactivos que componen la corteza terrestre y de las radiaciones del sol que constituyen la radiación cósmica, las radiaciones que emiten todos los elementos conforman el fondo radioactivo natural, esto quiere decir que la radiación siempre ha existido, incluso existe en nosotros como especie humana [8].

La tierra está compuesta por un núcleo, el manto y la corteza terrestre, dentro de esta corteza se encuentra distintos isótopos, estos encargados de proveer a la tierra de energía y calor, estos efectúan la radiación beta, por lo tanto liberan geo-neutrinos, los cuales son de gran beneficio ya que con ellos se puede saber con más precisión la composición de la tierra y así mismo donde están estas fuentes de isótopos que son de gran valor. Es por este motivo que en estos últimos años los científicos se han puesto a diseñar y crear algunos detectores de geo-neutrinos, algunos ejemplos de esto son KamLand e ICECUBE que son de los más influyentes en estos tiempos, pero debido a las dificultades en la detección de neutrinos ha sido una tarea difícil.

Los neutrinos carecen de carga eléctrica masa y color, por lo tanto no pueden llevar a cabo alguna interacción más que la débil, es por ello que en los detectores de neutrinos se necesitan grandes cantidades de agua ya que gracias a los electrones de este elemento los neutrinos interactúan chocando contra el electrón del agua, esto ocasiona un fenómeno llamado radiación chevenkov que hace que el electrón al ser golpeado sea capaz de en el agua superar la velocidad de la luz y se genera un destello, este es detectado con foto-detectores y así es como se puede decir que un neutrino acaba de interactuar con el detector, este suceso nos permite conocer muchas cosas ya que según la dirección en que se genere la radiación chevenkov podemos darnos cuenta de donde proviene el neutrino y con su espectro de energía al compararlo con el que se genera según los diferentes isótopos podemos reconocer de cual isótopo proviene el neutrino, pero esto no es una tarea fácil y rápida ya que a pesar de que se sabe que hay miles de neutrinos y se producen más a cada momento, el detectarlos es muy difícil [10]. La fórmula de número de evento (N_v) que estima cuantos neutrinos se pueden detectar tomando en cuenta su flujo (ϕ),

sección eficaz (σ), número de electrones (Ne) y el tiempo de observación (t) es la siguiente :

$$Nv = \phi \cdot \sigma \cdot Ne \cdot t$$

Cabe mencionar que el flujo es diverso según de donde provengan los neutrinos, por lo tanto difiere el flujo de neutrinos del sol con los de las supernovas y con el de los isótopos de la tierra, para el caso de los geo-neutrinos aún no hay un flujo exacto ya que su descubrimiento es prácticamente reciente y se sigue trabajando en ello, pero hay algunas estimaciones [9] (Figura 2).

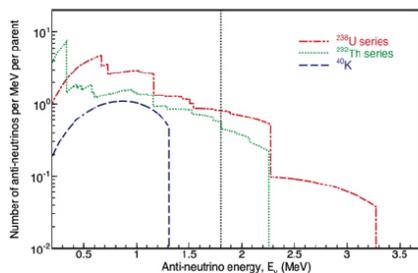


FIGURA 2: Flujo de neutrinos detectado por el reactor y grupo de científicos de KamLand [6].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo respuesta a las preguntas que se plantearon, ahora sabemos que para poder reconocer un neutrino es necesario saber su espectro de energía y compararlo con el espectro de energía de cada uno de los elementos radiactivos que llevan a cabo el decaimiento beta y al tener similitud sabemos que el neutrino encontrado proviene de este elemento, también sabemos ahora que la radiación cherenkov puede ayudarnos a reconstruir la dirección de dónde provino el neutrino y así podremos encontrar la fuente de donde se encuentran los isótopos que los producen, podemos concluir con que ahora tenemos conocimiento de cómo funcionan los detectores de neutrinos y como es que puede darse una estimación de cuantos neutrinos podrán ser detectados según las circunstancias en que se quieran detectar.

CONCLUSIONES

El descubrimiento de los geo-neutrinos ha ocasionado un gran interés en todos los científicos al igual que en empresarios ya que puede tener grandes usos que son realmente importantes, Un proyecto que ha sido muy importante en este ámbito hasta el momento ha sido KamLand ya que además de ser uno de los detectores más grandes existentes en estos momentos se han dedicado muy detenidamente a observar este tipo de neutrinos lo cual es algo muy novedoso y de gran interés.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente y más que a nadie a la Universidad de Guanajuato por brindarme la oportunidad de participar en los veranos de investigación, agradezco a la Dra. Claudia Erika Morales Hernández por su apoyo y su atenta participación en esta experiencia, agradezco al Dr. David Yves Ghislain Delepine por su tiempo y disposición al momento de poner en marcha el proyecto y en la resolución de dudas, agradezco a la Psic. Juana Silvina Galván Rocha por su atención y apoyo en diversas cuestiones, y por último y no de menor manera agradezco a la Escuela de Nivel Medio Superior y a su personal académico por el apoyo en cuestión al transporte diario de Guanajuato a León y finalmente a todos los que me brindaron su apoyo durante el tiempo en que se desarrolló el proyecto.

REFERENCIAS

- [1] www.lhc-closer.es
- [2] www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu
- [3] www.kamland.stanford.edu
- [4] https://www.google.com.mx/search?q=kamland&biw=1242&bih=606&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6yueZ3ITOAHVp0YMKHUPkBsXQ_AUIBygC#imgrc=EiscVcUDV8ifFM%3A
- [5] https://www.google.com.mx/search?q=kamland&biw=1242&bih=606&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi6yueZ3ITOAHVp0YMKHUPkBsXQ_AUIBygC#imgrc=KRqwYWnsL2fe8M%3A
- [6] https://www.google.com.mx/search?q=geo-neutrinos&biw=1242&bih=606&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj64ai34TOAhVkw4MKHX5GDIIQ_AUIBigB#imgrc=RSliq0BZ-4GVeM%3A
- [7] www.madmasd.org