

# DETECCIÓN DE NEUTRINOS EN REACTORES NUCLEARES: EXPERIMENTOS Y SIMULACIÓN

Mérida Rodríguez Paula Angélica (1), Dr. Delepine David Yves Ghislain (2)

1 Escuela de Nivel Medio Superior de Celaya, Colegio de Nivel Medio Superior, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: pau\_merida3198@hotmail.com

2 Departamento de Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: delepine@ugto.com

## Resumen

Los neutrinos siendo las “partículas fantasmas” de la física, son de gran interés; ahora con grandes y esperanzadores detectores, arrojan mejores resultados. El estudio de estas partículas es de gran importancia para conocer el comportamiento de diversos fenómenos físicos. No hay que limitarse a una sola forma de detectarlos, aunque la presente sea más exitosa hay que buscar varios caminos. Los neutrinos al momento de ser detectados nos dan a conocer sus antecedentes y ahora podemos visualizar, si se trataran de los que llegan a la tierra diariamente, sin duda algún día nos llevaremos una sorpresa. Es interesante como algo tan pequeño pueda brindar información realmente relevante. Enfocándonos en los reactores nucleares como fuente de neutrinos, así mismo podemos llegar a atrayentes conclusiones.

## Abstract

The neutrinos being the " particles ghosts " of the physics, they are of great interest; now with big and encouraging detectors, they throw better results. The study of these particles performs great importance to know the behavior of diverse physical phenomena. It isn't necessary to border to an alone way of detecting them, though the present is more successful is necessary to look for several ways. The neutrinos to the moment to be detected announce his precedents and now we can visualize, if they were treating each other we will take a surprise to that they come to the land every day, undoubtedly some day ourselves. It's interesting as something so small could offer really relevant information. Focusing in the nuclear reactors as source of neutrinos, likewise we can come to attractive conclusions.

## Palabras Clave

1; Neutrinos 2; Reactores Nucleares 3; Modelo Estándar

## INTRODUCCIÓN

La física cuántica describe la naturaleza con una función de onda utilizada en la ecuación de Schrodinger para describir las partículas fundamentales y las fuerzas. Empezando con la teoría de Bohr condujo a los números cuánticos. Surgió de los fallos de la física clásica la cual, encontró algunos remedios cuánticos en la hipótesis de Planck y la dualidad onda-partícula.

## Modelo Estándar

El modelo estándar de la materia admite la existencia de 3 familias de partículas [1]. La primera familia está formada por electrones, quark up, quark down, y neutrinos electrónicos y estas se encuentran ligadas entre si debido a la acción de cuatro fuerzas: fuerza de gravedad, fuerza electromagnética, fuerza nuclear y fuerza débil. Sólo los quarks son sensibles a la fuerza nuclear. Los neutrinos no tienen carga eléctrica. Por lo tanto, no sienten la fuerza electromagnética y solamente interactúan vía la fuerza débil.

Cada una de estas fuerzas se transmiten con otro tipo de partículas, como los gluones [2].

Las tres generacioness de la  
Materia (Fermiones)

	I	II	III	
masa→	3 MeV	1.24 GeV	172.5 GeV	0
carga→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nombre→	u up	c charm	t top	$\gamma$ photon
	6 MeV	95 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon
	<2 eV	<0.19 MeV	<18.2 MeV	90.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino	Z <sup>0</sup> fuerza débil
Leptones	0.511 MeV	106 MeV	1.78 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau	W <sup>±</sup> fuerza débil
				Bosons (Fuerzas)

IMAGEN 1: Quarks y Leptones [3]

Los bosones, las partículas W y Z son las partículas de intercambio masivas, que están implicadas en la interacción nuclear débil, la fuerza débil entre los electrones y los neutrinos. Mientras el fotón es el vehículo de la fuerza electromagnética y los gluones de la fuerza fuerte [4].

El modelo estándar constituye uno de los mayores logros que ha generado la física en el aspecto de unificación, pero esto no quiere decir que no exista física más allá del modelo estándar.

## Los Neutrinos

El neutrino electrónico, fue postulado por primera vez en 1930 por Wolfgang Pauli para explicar por qué los electrones en la desintegración beta no se emitían con la completa energía de reacción de una transición nuclear.

La aparente violación de la conservación de la energía y el momento, fue más fácil de evitar al postular otra partícula. Enrico Fermi llamó a la partícula neutrino, y desarrolló una teoría del decaimiento beta basado en él, pero no fue observado experimentalmente hasta 1956. Esta escurridiza partícula, sin carga y casi sin masa, podía penetrar vastos espesores de material sin interacción.

## Detección de Neutrinos

La primera observación experimental del neutrino interactuando con la materia fue hecha por Frederick Reines, Clyde Cowan, Jr. y colaboradores en 1956, en la planta de Savannah River en Carolina del Sur. La fuente de neutrinos era un reactor nuclear [7].

Cuando los objetos altamente radiactivos se observan bajo el agua, tales como reactores en "piscina" y en las áreas subacuáticas de almacenamiento y suministro temporales de combustible de los reactores nucleares, se ven que están bañados en una luz intensa azul, llamada radiación de Cherenkov.

Aún con la gran tecnología, no es muy sencillo detectarlos, los detectores son de gran tamaño. Los neutrinos son prácticamente recientes, y hay mucho por aprender de ellos, saber cómo detectarlos y analizar esa información nos llevara a mejores resultados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Tomando a los reactores nucleares como fuentes de neutrinos, sabemos que se producen neutrinos y antineutrinos procedentes de la desintegración beta, vía fuerza débil.

Beta ( $\beta$ ) es un tipo de radioactividad, y esta mencionada se refiere a las partículas emitidas por núcleos atómicos como resultado de una inestabilidad nuclear. Otros tipos de radioactividad lo son alfa y gamma.

En la desintegración  $\beta^-$ , un neutrón da lugar a un protón, un electrón y un antineutrino electrónico.

En la desintegración  $\beta^+$ , un protón da lugar a un neutrón, un positrón y a un neutrino electrónico.

El funcionamiento de reactores nucleares se basa en las reacciones en que interviene un neutrón que impacta con un núcleo. Las reacciones de fisión que tienen lugar en los reactores nucleares se producen con núcleos de átomos pesados. Como lo es el U-235.

La capacidad de fisión se mide a través del valor de la sección eficaz (a mayor sección eficaz, mayor probabilidad de fisión).

Un detector como el Super-Kamiokande consiste en un cilindro con tubos foto-multiplicadores y contiene 50 toneladas de agua pura. La luz Cherenkov emitida por las partículas cargadas que se ejecutan en el agua es detectada por los foto-multiplicadores.

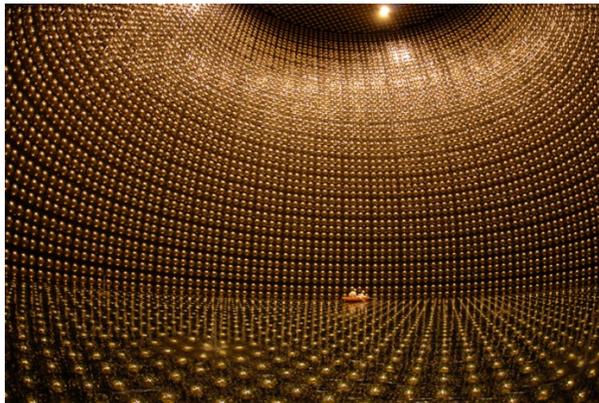


IMAGEN 2: Detector Super-Kamiokande por dentro [6]

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta un análisis matemático [5], en referencia a calcular el número de eventos en un reactor.

$$N_{\nu} = \Phi \cdot \sigma \cdot N_b \cdot t$$

El número de eventos ( $N_{\nu}$ ) es igual al flujo ( $\Phi$ ) por la sección eficaz ( $\sigma$ ) por número de blancos ( $N_b$ ) por el tiempo de detección ( $t$ ).

Desarrollando esta operación, encontramos que mientras el tiempo sea más amplio podemos llegar a más resultados en la detección.

Para diferenciar un isótopo de otro ( $x$ ,  $y$ ) nos guiamos con el hecho que el espectro en energía de los neutrinos producidos por  $X$  y  $Y$  son diferentes.

## CONCLUSIONES

La detección de neutrinos ayuda a saber con qué isótopo estamos tratando. El U-235 y el Pu-239 es de los principales para la producción de energía nuclear y es por esto que es muy codiciado.

Ha incrementado el tráfico ilegal de material radioactivo, las consecuencias de este mercado son graves, teniendo en cuenta los riesgos ambientales y terroristas incluso se encuentran los políticos.

Analizando estos aspectos y muchos otros como los de investigación, es importante la detección de neutrinos, por motivos mencionados y llegar a optimizar al máximo los detectores. Con los resultados arrojados a través de los años los neutrinos han constituido un importante objeto de estudio tanto en la parte teórica como en la parte experimental.

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a la Universidad de Guanajuato por brindarnos oportunidades de este tipo y así reforzando a nosotros los jóvenes nuestro interés por el saber, aparte del apoyo en la difusión de la investigación científica; al Dr. David Yves Ghislain Delepine por todo el asesoramiento en la investigación realizada, así como el haberme aceptado para ser parte en el proyecto, al Dr. Juan Barranco Monarca por su paciencia y tiempo que invirtió con su ayuda al proyecto; a mi asesora la Ing. María Guadalupe Juárez Juárez por su apoyo durante todo este proceso. Doy enormes gracias, por haberme guiado y acompañado.

## REFERENCIAS

- [1] <http://www.astrojem.com/teorias/modeloestandar.html>  
Para introducción al modelo estándar.
- [2] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/particles/expar.html>  
Para introducción a los gluones.
- [3] <http://gmnmaster.blogspot.mx/2011/09/neutrinos-day.html>  
Para imagen e introducción a quarks y leptones.
- [4] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html>  
Para introducción a los bosones y al fotón.
- [5] [https://www.dropbox.com/home/verano%202016?preview=monitoreo\\_reactoresnucleares.pdf](https://www.dropbox.com/home/verano%202016?preview=monitoreo_reactoresnucleares.pdf)  
Para consulta del procedimiento.
- [6] <http://t2k-experiment.org/photo/super-kamiokande/>  
Para imagen e información.
- [7] <http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu/hbasees/particles/neutrino.htm>