

Gamas enredadas

Introducción:

La física nuclear es la rama de la física que estudia la estructura de los núcleos atómicos así como de las reacciones que ocurren en ellos, un ejemplo de estas es la radiación.

Se entiende por radiación una forma de propagación de energía espontánea, ya sea por ondas electromagnéticas o por partículas subatómicas.

Si la energía es emitida en forma de fotones se la llama radiación electromagnética, mientras que a la concerniente a las partículas subatómicas es denominada radiación corpuscular.

Gracias a estudios realizados en el pasado se ha podido determinar la naturaleza de los distintos tipos de radiaciones y clasificarlas como decaimientos α , β y γ .

Dentro de la radiación corpuscular se halla el decaimiento α , el cual consiste en la emisión de un núcleo de ${}^4\text{He}$ (dos protones y dos neutrones), este decaimiento está impulsado por la fuerza nuclear fuerte (fuerza fundamental que se encarga de mantener unidos a los protones y neutrones en el núcleo del átomo). También se encuentra el decaimiento β^- , en donde se emiten electrones desde el núcleo del átomo debido a la transformación de un neutrón en un protón y un electrón y el decaimiento β^+ cuando un protón se transforma en un neutrón más un positrón (la antipartícula del electrón). La fuerza que impulsa este decaimiento es la interacción nuclear débil.

Los decaimientos radioactivos α , β y γ ocurren en núcleos atómicos que se encuentran en un estado excitado y decaen a un estado base; se conoce como estado base al nivel de masa de un núcleo atómico en el que éste puede permanecer invariable a lo largo del tiempo. Un estado excitado es aquel en que se encuentra un núcleo atómico cuando cuenta con una cantidad de masa superior a la del estado base, y por lo tanto, buscará llegar a este estado emitiendo por decaimientos la masa sobrante.

Es importante también destacar que en la mecánica cuántica se establece que el universo que nos rodea está conformado por constituyentes elementales realmente pequeños, ejemplo de esto es la materia, la cual está conformada por partículas pequeñas e indivisibles llamadas átomos. De igual forma las interacciones electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil (actualmente se teoriza que también la gravedad) vienen en paquetes pequeños; los fotones serían esos paquetes fundamentales si nos referimos al electromagnetismo.

El análisis de esos constituyentes elementales en su tamaño increíblemente pequeño, nos ha llevado a comprender que las leyes de la física se comportan de forma distinta respecto a lo

que la mecánica clásica estipula. En este caso, la emisión de rayos gama (por el decaimiento γ de algún núcleo atómico) altera la isotropía del núcleo atómico (siendo la isotropía la característica que poseen los cuerpos que establece que sus propiedades físicas no cambian sea cual sea su dirección y orientación en el espacio) en forma que, cuando el núcleo no ha emitido algún fotón, el universo actúa isotrópicamente para éste y permite que un primer fotón pueda ser emitido en cualquier dirección del espacio; esta primera emisión polariza al núcleo creando un espacio no isotrópico en el cual la dirección del primer fotón determina la probabilidad de la emisión del segundo como una función del ángulo entre ellos, a esta función se la conoce como "correlación angular".

En este experimento se trabajará con una fuente radioactiva débil de ^{60}Co detectando únicamente los rayos γ . Se sabe el ^{60}Co decae primero por la emisión de un rayo β^- (que no detectamos) y se transforma en ^{60}Ni que posteriormente emite un primer fotón (decaimiento γ) que anula la isotropía en que se encuentra el núcleo y determina en mayor probabilidad la emisión de un segundo fotón en sentido opuesto al primero, permitiendo establecer entre ambos que la mayor posibilidad de correlación angular (ángulo en que se emite un fotón respecto de otro tomando como punto de referencia el núcleo del átomo) sea de 180° .

Dada la modalidad de trabajo extraordinaria, los experimentos se realizarán de manera simulada con ayuda del software RADLab. Debido a la limitante del programa para realizar la totalidad de la práctica un 70% se sustituyen algunas experiencias por espectrometría alfa.

En este experimento se usan como detectores un par de fotomultiplicadores a los cuales se les acopla un cristal de yoduro de sodio (NaI) a cada uno. El cristal recibe la radiación proveniente del ^{60}Ni , que excita la red cristalina del NaI, y luego ésta se desexcita emitiendo una muy pequeña cantidad de luz visible que es detectada y amplificada por el fotomultiplicador, convirtiéndola en una señal eléctrica que podemos cuantificar al hacerla pasar por electrónica especializada, hay que saber que las señales provenientes de los fotomultiplicadores son de tipo analógico.

Es vital para el experimento poder sincronizar los pulsos eléctricos que se reciben de los dos detectores, ya que esto permitirá que se puedan observar los fotones emitidos desde el ^{60}Ni , para esto, se determina con la electrónica intervalos de tiempo del orden de nanosegundos (mil millonésimas de segundo).

Los fotomultiplicadores trabajan con fuentes de alto voltaje típicamente entre 1 y 3 kV y su función es convertir una señal luminosa en un pulso de Voltaje con amplitudes fácilmente medibles (entre 0 y 10 V) en un osciloscopio y convertirlas a números mediante módulos especiales conocidos como "convertidor analógico-digital" (ADC por su siglas en inglés).

También se cuenta con un generador de señales lógicas de ventana y retraso. Tiene dos funciones principales, una es generar una señal a la que se sincronizan los pulsos que provienen de los fotomultiplicadores, la otra función es definir un tiempo de espera para los

convertidores ADC (en el argot del Instituto de Física, a la señal de compuerta se le llama ventana).

Otro de los aparatos utilizados en un amplificador, éste proporciona un factor de amplificación lineal que actúa sobre el voltaje de las señales entregadas por los detectores, esto permite “ensanchar” el gráfico que veamos en un monitor.

Por último, es esencial contar con una computadora la cual recibirá las señales de los detectores en forma digital, y permitirá interpretar los datos obtenidos mediante gráficas.

Objetivo:

Detectar los dos fotones emitidos consecutivamente (en cascada) por el núcleo de un átomo de ^{60}Ni con dos detectores ubicados a distintos ángulos relativos.

Hipótesis:

Si la emisión de uno de los fotones no depende del otro, la probabilidad de detectarlos no dependerá del ángulo relativo entre los detectores. En caso contrario, los fotones están correlacionados (enredados).

Se espera poder encontrar mayor número de cuentas en ángulos de 180° y 0° debido a que se trabajará con una muestra de cobalto-60, de la cual se conocen los decaimientos que efectúa, siendo estos primero un decaimiento β^- , que transforma el cobalto-60 a níquel-60, y después emite un primer fotón (decaimiento γ) que anula la isotropía en que se encuentra el núcleo y determina en mayor probabilidad la emisión de un segundo fotón en sentido opuesto al primero, permitiendo establecer entre ambos que la mayor posibilidad de correlación angular (ángulo en que se emite un fotón respecto de otro tomando como punto de referencia el núcleo del átomo) sea de 180° .

Método.

Se utilizará una fuente radioactiva de ^{60}Co que se ubicará en el centro de una tabla circular graduada. Los detectores de fotones se ubicarán en ángulos precisos manteniendo a uno de ellos fijo (en 180°) y el segundo se ubicará secuencialmente en 4 ángulos prueba; 0° , 30° , 60° y 90° , esto ayudará a corroborar y comprobar que siempre habrá más probabilidad de que un fotón sea emitido en sentido totalmente opuesto de su ángulo de emisión.

Materiales:

Fuente radioactiva de ^{60}Co .

Fuentes ^{241}Am ^{230}Th .

Instrumentación:

Fuentes de voltaje.

Dos detectores de centelleo (compuestos por un fotomultiplicador con un cristal de yoduro de sodio acoplado).

Detector de NaI distintos tamaños

Detector de BGO

Detector de Germanio Hiperpuro (HPGe)

Gate & Delay

Multicanal

Delay Amplifier.

Dual Spec Amp.

Tarjeta de tipo lógica.

Osciloscopio.

Referencias documentales:

Aguilera, E., Chávez, E., & Hess, P. (2001). *II Escuela Mexicana de Física Nuclear*. México.

Curran, D. (2008). *Experiment IX; Angular Correlation of Gamma Rays*. 3 de agosto de 2015, de University of Maryland. Sitio web:

<http://pages.physics.cornell.edu/~cmuhlberger/documents/phys405-paper.pdf>

Chávez, E. (2015). *Transiciones electromagnéticas en los núcleos, para principiantes... o no tanto*. México.

<http://radlab.sourceforge.net/>

Asignatura y Área en la que se inserta.

Física Nuclear y subnuclear

2.5 Efecto Compton.

2.9 Decaimiento radioactivo.

2.10 Radiación ambiental.

- Lugar en donde se desarrollará (entidad académica y laboratorio o taller)

Laboratorio de detectores de radiación.

- Número de estudiantes que pueden realizar simultáneamente

3 estudiantes

- Descripción de las habilidades y conocimientos que adquirirán los estudiantes con su desarrollo.

Desarrollar la capacidad de investigación del estudiante mediante la realización de experimentos en física contemporánea mecánica cuántica, física nuclear y subnuclear, física.