

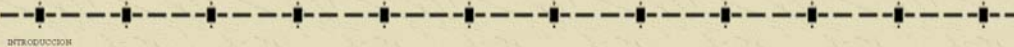
Apéndice 3.

Póster presentado en la Tercera Reunión Mexicana de Físicoquímica Teórica.

Producción de Electrones en la Primera Etapa de Detección de Radiación Gamma por algunos Materiales Centelladores.

M.C. Bautista¹, J.F. Rivas Silva².

1. Universidad de las Américas-Puebla, Cholula, Puebla, México.
2. Instituto de Física, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Puebla, México.



INTRODUCCIÓN

Dentro de la física aplicada existe el interés teórico y práctico de desarrollar métodos para el diseño de mejores detectores de radiación, en particular de rayos gamma. Esto requiere en diversas disciplinas como la física médica (Tomografía Positrón-Electrón, PET), física de partículas (aceleradores) y seguridad internacional (detectores de fibra para pasaportes).

La caracterización a nivel teórico de los materiales centelladores es un complemento fundamental para su estudio experimental. La investigación al ser guiada por razones técnicas podría ahorrar esfuerzos y recursos.

OBJETIVO.

Caracterización de la primera etapa de detección de radiación por nuevos materiales cristalinos (boratos de litio X, X-cerío, praseodimio, lantano y gadolínio) utilizando el código MCNP (Monte Carlo N-Particle) y comparar su eficiencia con de materiales ya conocidos. Así se trata de determinar las sustancias óptimas para la detección de rayos gamma que puedan ser aprovechadas en la elaboración de detectores de radiación más eficientes.

MCNP

El código MCNP controla un modelo estocástico, que basándose en las funciones de densidad modela sucesivamente eventos individuales de una variable aleatoria.

$$\langle R \rangle > \lambda \quad \lambda = \text{Variable Aleatoria}$$

$$\lambda = \text{Cantidad Fija}$$

Teóricamente se siguen todos los eventos o observaciones que ocurre cada partícula desde su origen hasta que alcanza una condición terminal (absorción, escape, energía de corte, etc.) Lo mismo se aplica para todas las partículas creadas en el proceso.

Eventos

1. Efecto Fotoeléctrico $\sigma \propto \frac{Z^5}{h\nu^3}$
2. Dispersión coherente $\sigma \propto \frac{Z^2}{h\nu}$
3. Efecto Compton $\sigma \propto \frac{Z}{h\nu}$
4. Producción de pares $\sigma \propto Z^2$

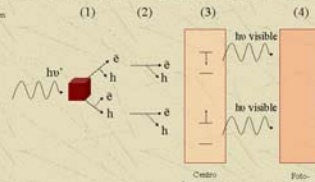


GEOMETRÍA

Calculación esférica de material centellador, con una fuente puntual de 10 000 000 fotones monoenergéticos localizada en el centro.

Los fotones gamma por su alta energía sólo pueden ser detectados y/o medidos indirectamente por el efecto que producen en la materia.

El proceso de detección se divide en:



1. Absorción de la energía incidente. Se genera una cantidad específica de electrones excitados (llamados promuevos).
2. Transferencia de la energía absorbida hasta llegar a un centro luminescente.
3. Emisión de fotones visibles después de la desexcitación de los centros luminescentes.
4. Los fotones visibles emitidos son aprovechados fuera del material en un sistema de fotomultiplicadores para amplificar y medir la señal.

La eficiencia de un detector en la primera etapa es directamente proporcional a la producción de electrones primarios y secundarios.

Producción Total de Electrones para cada Interacción vs. Energía del Fotón Incidente

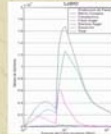


Figura 1.a

La discontinuidad de la curva de la sección eficaz (Figura 1.b) del efecto fotoeléctrico se debe a la estructura en capas de los electrones en los átomos. Esta misma discontinuidad se ve reflejada en el número de electrones producidos por el efecto fotoeléctrico (Figura 1.a). La gráfica de secciones eficaces de la interacción Compton y producción de pares no tiene discontinuidades, lo mismo se puede apreciar en la curva de electrones producidos por cada efecto.

Secciones Eficaces

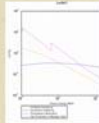


Figura 1.b

Producción Total de Electrones vs. Energía del Fotón Incidente para geometría de cascarnes concéntricas.

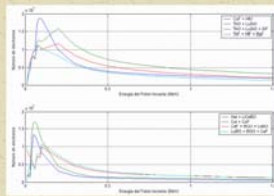


Figura 2

Si se colocan cascarnes concéntricas de diferentes cristales, se puede observar (Ver Figura 2) que la curva final de los electrones producidos se vuelve más regular para rangos menores a 0.5 MeV, teniendo como resultado un funcionamiento más uniforme en esa etapa.

Producción Total de Electrones vs. Energía del Fotón Incidente

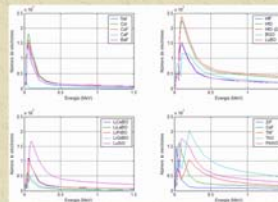


Figura 3

Electrones que Escapan vs. Energía del Fotón Incidente

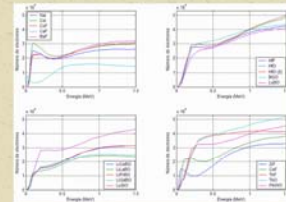


Figura 4

Si tomamos como criterio el número total de electrones (Ver Figura 3) podemos concluir que los mejores detectores de rayos gamma durante la primera etapa de detección son el BGO, ThO y B-990 para energías de 0.01 MeV a 1.5 MeV. Ciertamente se puede afirmar que la presencia de oxígeno en los cristales centelladores juega un papel importante en el proceso de detección de rayos gamma. Resultados muy similares se encuentran si tomamos como parámetro el número de electrones que escapan de la geometría (Ver Figura 4), pero además se distinguen el ThO y B-990 como otros posibles candidatos para desarrollar mejores detectores.

No se puede afirmar con los datos con los que se cuenta que los cristales boratos propuestos sean mejores detectores de rayos gamma, ya que tienen un comportamiento muy similar a cualquier otro cristal evaluado en este trabajo. Sin embargo, debido a la presencia de litio pueden ser a la vez muy buenos detectores de neutrones. Si se logra a comprobar que los materiales boratos de litio son buenos detectores de neutrones, se plantea la posibilidad de fabricar cristales centelladores más completos. Incluso se podría determinar los materiales ópticos y crear una geometría de cascarnes concéntricas, para lograr una detección más uniforme para todo el rango de energías.

Los conocimientos adquiridos de MCNP y los resultados obtenidos en este trabajo servirán de base para futuros estudios que se planean realizar en conjunto principalmente con la Unidad de Oncología del Centro Médico del Estado de Puebla. Los datos experimentales tomados en la Unidad de Oncología se complementarán con diversas investigaciones teóricas.

PRINCIPALES REFERENCIAS

- *Radiation Transport Origin, Los Alamos National Laboratory "MCNP - A General Monte Carlo N-Particle Transport Code" Version 4.4, Judith F. Brieseman, Editor U.S.A. November 1993.
- *Luz, Ina, Edithage, Lúcid "Monte Carlo Particle Transport Methods: Neutrons and Photons Calculated" CRC Press, Estados Unidos 1991.