

MONTAJE SENCILLO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO PARA EL ESTUDIO DEL EFECTO COMPTON

Rogelio R. Espinosa Hechavarría
Universidad de Oriente, Departamento de Óptica y
Espectroscopía

RESUMEN

Se presenta el desarrollo de una práctica de laboratorio para el estudio del efecto Compton empleando un espectrómetro monocanal de centelleo.

Mediante el experimento se investiga satisfactoriamente la dependencia de la energía y la sección eficaz para la dispersión de Compton de los rayos gamma.

ABSTRACT

The development of a laboratory experiment to the study of the Compton effect by using a single channel scintillation spectrometer is presented.

In the laboratory experiment are investigated successfully the energy for Compton scattering of gamma rays.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas de laboratorio constituyen la forma organizativa del proceso docente-educativo a través de la cual se fijan y profundizan —mediante el experimento— los fundamentos teóricos y científicos de la asignatura, se aprenden los métodos más adecuados, equipos y aparatos especiales en la cual el estudiante realiza la actividad con un alto grado de independencia /1/.

El efecto Compton pertenece al conjunto de hechos experimentales más convincentes del carácter cuántico de la interacción entre la radiación y la substancia. El conocimiento de este fenómeno tiene no sólo importancia teórica sino también práctica, pues constituye uno de los principios físicos empleados para el registro de las radiaciones gamma y juega un papel relevante en la interpretación de los resultados de muchos experimentos en que estas se detectan.

El estudio del efecto Compton, como uno de los tipos principales de interacción de la radiación con la substancia está contemplado en las asignaturas Física Atómica, Física Nuclear e Interacción de la Radiación con la Substancia, pertenecientes al plan de estudio de la especialidad de Física. En otras especialidades también se estudia como en Química y en la de Física de la Licenciatura en Educación.

Debido a su reconocida importancia teórico-práctica es necesario la incorporación del estudio experimental de este efecto en las asignaturas del Sistema de Educación Superior en Cuba.

En el presente trabajo se propone un procedimiento sencillo y de relativo bajo costo de aplicación que permite el montaje de una práctica de laboratorio para el estudio del efecto Compton. Mediante el experimento se investiga satisfactoriamente la dependencia de la energía y la sección eficaz para la dispersión de Compton de los rayos gamma.

Una ventaja del montaje propuesto radica en emplear un equipo analizador monocanal el cual es mucho más barato y de menor complejidad en su mantenimiento, que un analizador multicanal recomendado en el Manual de Prácticas del Laboratorio para las Ciencias Nucleares de la firma Canberra /2/ para este tipo de práctica, alcanzándose los objetivos fundamentales de carácter de desarrollo de las capacidades cognoscitivas que se logran con la utilización de la más costosa instalación. Por otra parte, las tareas desarrolladas son más ilustrativas para la comprensión y fijación del fenómeno que las propuestas en el Manual de Prácticas del Laboratorio de Física Atómica de la Universidad Estatal M. V. Lomonosov /3/ donde se determinan los coeficientes de adsorción para el debilitamiento de los haces de rayos gamma dispersados para diferentes ángulos y de aquí se acude a

tablas para obtener las correspondientes energías de los cuantos, es decir, se sigue un método indirecto.

Procedimiento experimental y resultados

En el 1er ejercicio a realizar se determina la energía de los cuantos gamma dispersados para diferentes ángulos (respecto a la dirección de incidencia); los resultados se comparan con los obtenidos según la fórmula de Compton que relaciona la energía de los cuantos incidentes y dispersados con el ángulo de dispersión θ . La otra tarea consiste en la obtención de los valores relativos (normados respecto a los resultados para 20°) de la sección eficaz diferencial por unidad de ángulo sólido para la dispersión de Compton para los ángulos de 30° , 40° y 50° , comparándose con las mismas relaciones predichas según la fórmula de Klein-Nishina-Tamm θ para el cálculo de la sección eficaz diferencial.

Como equipamiento se requiere:

- Un detector de centelleo con un cristal de NaI(Tl). En este caso una sonda del tipo VA-S-50 con un cristal de NaI(Tl) de 25 mm x 25 mm de la firma RFT VEB "Otto Schoen" de la RDA.
- Un analizador monocanal. Fue empleado uno del tipo VA-M-141 de la firma mencionada arriba, cuyo ancho de ventana es 0,35 v.

- Una fuente radiactiva de una actividad de 1 mCi. Se utilizó una fuente de Cs^{137} (energía gamma de 0,66 MeV) en forma de un cilindro de 6 mm de ancho y 10 mm de altura.
- Dos fuentes radiactivas para calibrar. En el trabajo fueron de Mn^{54} y Na^{22} con actividades de $10\mu\text{Ci}$ cada una.
- Dos contenedores de plomo con dos colimadores también de plomo (instalaciones de blindaje y colimación). Se escogieron ambos colimadores en forma de cilindro hueco, con una abertura circular de 8 mm de diámetro y una altura de 5.5 cm.
- Un goniómetro.
- Dispersante de aluminio (una barra de 2.5 cm de ancho).

En la figura 1 se muestra el esquema de la disposición geométrica. La fuente de Cs^{137} se encuentra encerrada en un contenedor de plomo con un colimador, tal que, los rayos gamma arriben sólo al material dispersante. El detector de centelleo está también blindado y colimado de manera que desde él se vea directamente el dispersante. El detector de centelleo está conectado eléctricamente con el analizador monocanal, a este conjunto se le conoce como espectrómetro de centelleo. La resolución energética obtenida para el espectrómetro fue de un 15 % para la línea gamma del Cs^{137} .

El procedimiento seguido es el siguiente:

Se escogen los parámetros de trabajo del espectrómetro (voltaje y amplificación) de forma que el pico de la línea de una fuente radiactiva gamma de energía algo mayor que la del Cs^{137} (por ejemplo Mn^{54} cuya línea gamma es de 0,84 MeV) caiga en la zona de los canales mayores del analizador y el espectrómetro es calibrado con dos fuentes, por ejemplo Mn^{54} y Na^{22} . Se determina la energía del pico de 0,66 MeV del Cs^{137} .

A continuación son registrados los espectros gamma para los ángulos de 20° , 30° , 40° y 50° midiéndose para el intervalo limitado por los cinco canales anteriores y posteriores al canal esperado para el fotopico.

Los resultados se elaboran determinando primero la energía de los rayos gamma dispersados para los ángulos de 30° , 40° y 50° y comparándola con la esperada. Para ángulos de 20° y menores no fue posible la obtención del correspondiente pico probablemente debido a la baja resolución energética y a la presencia de un alto fondo de radiaciones gamma del Cs^{137} que inciden directamente sobre el detector. De los espectros gamma obtenidos para los diferentes ángulos se determina el número de conteos en el pico expresándose en número de conteos por minuto. Finalmente se calculan los valores teóricos y experimentales de la sección eficaz diferencial por unidad de ángulo sólido normalizando los datos a 20° , al normalizar los valores experimentales fue tomado para el

ángulo de 20° el número de conteos por minuto obtenidos para el canal en que se espera el fotopico.

A modo de ejemplo en la figura 2 se muestran los resultados del espectro gamma medido para el ángulo de dispersión de 30° . La ocurrencia del pico se produce efectivamente para el canal en el cual según la recta de calibración del espectrómetro debe aparecer un pico si los rayos gamma son dispersados según la fórmula de Compton. La sección eficaz diferencial por unidad de ángulo sólido de dispersión de Compton es proporcional al número de conteos por unidad de tiempo registrados por el espectrómetro. Si para los ángulos de 20° , 30° , 40° y 50° se obtienen respectivamente 75, 57, 34 y 25 conteos por minuto entonces se tendrá para la relación de los valores de las secciones eficaces normados para 20° , los valores de la tabla 1. En esta misma tabla se muestran los correspondientes valores calculados según la fórmula de Klein-Nishina-Tamm. Se observa una concordancia aceptable.

Consideraciones generales

El desarrollo de la práctica por los alumnos exige de un tiempo de 2,5 a 3 horas.

La protección de las personas que realicen la práctica se garantiza completamente mediante un adecuado blindaje de la fuente radiactiva que evite inclusive la exposición directa del personal a las radiaciones

que salen por el colimador de la fuente cuando se gira el detector. De esta manera se asegura el recibir una dosis menor que la dosis máxima permisible prefijada por la correspondiente Norma Cubana /5/ para las personas que no trabajan con radiaciones ionizantes (miembros del público).

Las tareas a cumplir y el procedimiento a seguir en la práctica pueden variarse según los objetivos de la asignatura y el nivel de conocimientos, hábitos y habilidades de los alumnos. Un ejemplo de esto sería el siguiente: la realización de la práctica por los alumnos del 5to año de Física dentro de la asignatura Interacción de la Radiación con la Substancia exige del estudiante durante la práctica el cálculo de las energías de los cuantos dispersados según la fórmula de Compton y la obtención de la recta de calibración del espectrómetro, lo cual se obvia -suministrándose al estudiante como datos- en el caso de la asignatura Física Atómica del 3er año de Física. En ambas situaciones se investiga la dependencia de la energía y la sección eficaz para la dispersión de Compton de los cuantos gamma, sin embargo el grado de dificultad es diferente.

Tabla 1. Valores de las secciones eficaces diferenciales por unidad de ángulo sólido para la dispersión de Compton normalizadas para 20° .

Ángulo de dispersión	secciones eficaces diferenciales		Desviación (%)
	teoría	experimento	
20°	1	-	-
30°	0.72	0.76	+ 5
40°	0,51	0,45	-12
50°	0,33	0,33	0

BIBLIOGRAFÍA

- /1/ Resolución No. 220/79 del MES.:
Reglamento del Trabajo Docente Metodológico.
- /2/ Manual de Prácticas del Laboratorio para las Ciencias Nucleares.:
Canberra, Meriden (1977).
- /3/ Manual de Prácticas del Laboratorio de Física Atómica para los Estudiantes de Física.:
Universidad Estatal de Moscú M.V. Lomonosov (1969)
- /4/ Evans, R.:
The Atomic Nucleus. McGraw-Hill, N.Y. (1970).

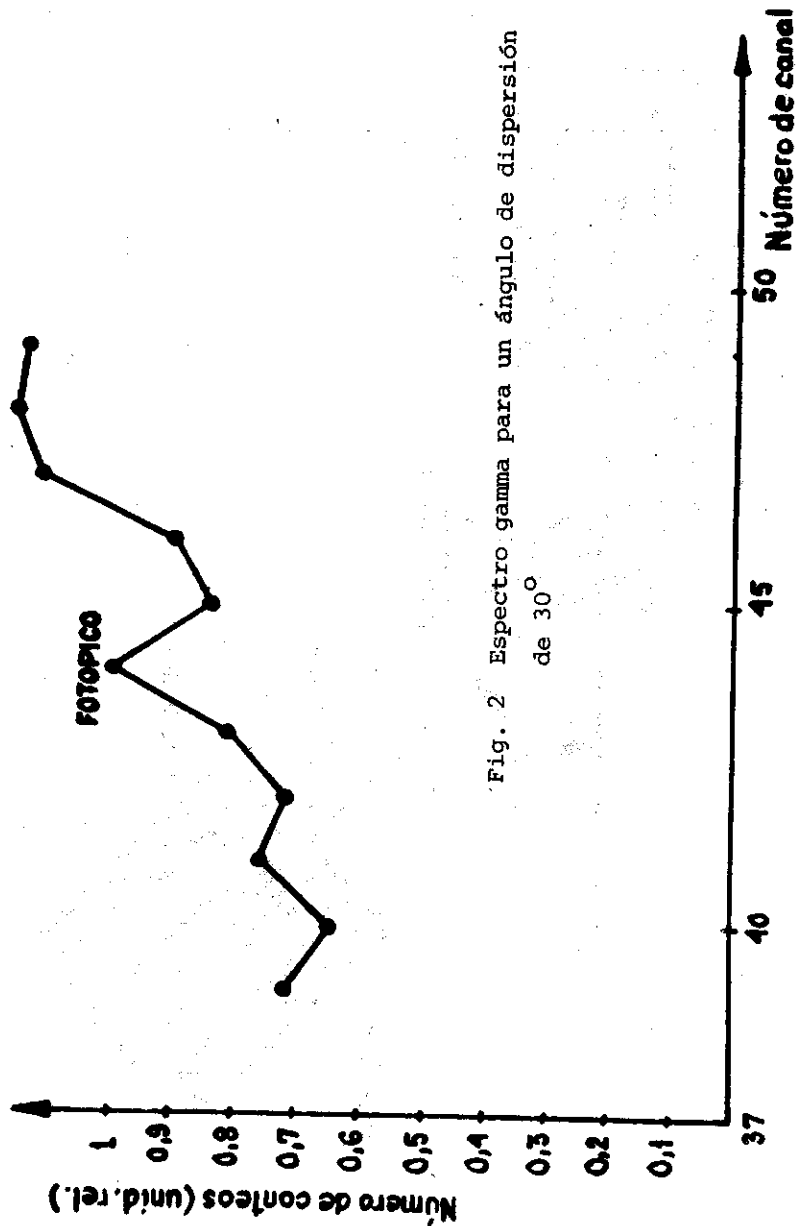


Fig. 2 Espectro gamma para un ángulo de dispersión de 30°

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

- Los artículos se presentarán en dos ejemplares mecanografiados a dos espacios en hojas de $8\frac{1}{2} \times 11$ (cortaa).
- Los gráficos se adjuntarán en papel alba, por separado, de esta forma se remitirán las fotos y las tablas, debiendo tener todos leyendas que los hagan comprensibles.
- Las citas se enumerarán por orden de aparición. Se relacionarán al final consignando el autor, título de la publicación, editora y fecha de edición. Por ejemplo:
3. L. García Phys. Rev. A 13 1633 (1975).
- Por razones de espacio la longitud máxima de los artículos será de 14 páginas y las comunicaciones cortas de 4.
- Los artículos se estructurarán de la siguiente forma: Título, nombre de los autores, institución donde labora, resumen en español e inglés, título en inglés, introducción, desarrollo del tema, conclusiones, citas bibliográficas, fotos, tablas y gráficos.

Los artículos, pueden ser enviados, para su publicación a:

C.D. Juan Fuentes
 Facultad de Física Matemática
 Universidad de La Habana.