

Física Experimental IV

Práctica VI ***Efecto Compton***

Funes, Gustavo
Giordano, Leandro
Gulich, Damían
Sotuyo, Sara

Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas – UNLP

Sinopsis

En el siguiente informe se estudiará la radiación reflejada por efecto Compton en diversos materiales.

Introducción

En el presente informe se detalla el análisis de las gráficas de emisión radiactiva de una muestra de ^{137}Cs , y la reflexión por retrodispersión de los rayos gamma emitidos en electrones pertenecientes a átomos de distintas sustancias utilizadas como pantalla.

En la experiencia se utilizó un dispositivo capaz de reconocer el nivel de energía de los diversos fotones recibidos, y contar el número de fotones para cada nivel. El objeto de análisis es, en este caso, el gráfico de cantidad de fotones detectados en función de la energía. Conociendo la energía correspondiente a los picos en la gráfica, se puede deducir a que fenómeno se debe cada uno.

Efecto Compton

En el año 1923 la naturaleza corpuscular de la radiación recibió una confirmación dramática proveniente de los experimentos de Compton. Este permitía que un haz de rayos X de longitud de onda λ perfectamente definida incidiera como un año de grafito. Para varios ángulos de dispersión, medía la intensidad de los rayos X dispersados como una función de su longitud de onda. Se observa que no obstante que el haz incidente consiste esencialmente de una longitud de onda λ , los rayos X dispersados tienen picos de intensidad para dos longitudes de onda; una de las cuales es la misma longitud de onda incidente, y la otra λ' , es mayor por una cantidad $\Delta\lambda$. Este corrimiento, llamado *corrimiento Compton* varía con el ángulo al que se observan los rayos X dispersados.

Compton interpretó su resultado experimental postulando que el haz de rayos X incidente no era una onda de frecuencia ν sino una colección de *fotones*, cada uno de los cuales poseía una energía $E=h\nu$, y que estos fotones chocaban con los electrones libres del blanco dispersor de manera similar a la colisión entre bolas de billar. Según este punto de vista, los fotones de retroceso que emergen del blanco constituyen la radiación dispersada. Puesto que el fotón incidente transfiere algo de su energía al electrón con el cual choca, el fotón dispersado deberá tener una energía menor E' , y por lo tanto, deberá tener una frecuencia menor $\nu'=E'/h$, lo cual implica una longitud de onda mayor $\lambda'=c/\nu'$.

Se observó que la frecuencia ν de la radiación dispersada es independiente del material blanco, lo cual implica que la dispersión no involucra átomos completos. Compton supuso que la dispersión era debida a las colisiones inelásticas entre el fotón y un electrón individual en el blanco, también supuso que los electrones que participan en este proceso de dispersión son electrones libres e inicialmente estacionarios.

Para analizar las energías del electrón y del fotón dispersados es suficiente aplicar las leyes de conservación del impulso y la energía relativista. Se considera, entonces, la colisión entre un cuanto y un electrón libre en reposo, como muestra la figura.

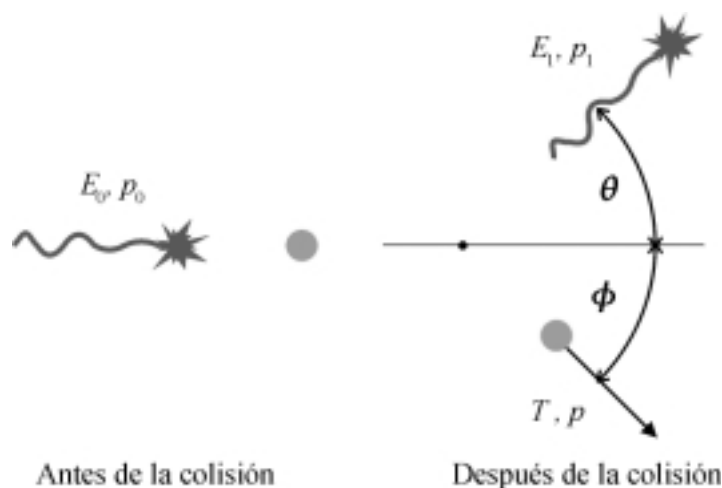


Figura 1: Colisión entre un fotón y un electrón.

Se pueden deducir las siguientes ecuaciones:

por conservación del impulso

$$P_0 = P_1 \cdot \cos(\theta) + P \cdot \cos(\phi)$$

$$0 = P_1 \cdot \text{sen}(\theta) - P \cdot \text{sen}(\phi)$$

por conservación de la energía

$$E_0 + m_0 c^2 = E_1 + T + m_0 c^2$$

siendo T la energía cinética del electrón.

Compton encontró una expresión entre la energía de la radiación dispersada E_1 y la energía de la radiación incidente E_0 :

$$\frac{h \cdot \nu'}{h \cdot \nu} = \frac{1}{1 + \frac{h \cdot \nu}{m_0 \cdot c^2} \cdot (1 - \cos(\theta))}$$

$$\lambda' = \lambda + \lambda_c \cdot [1 - \cos(\theta)] \quad \lambda_c = \frac{h}{m_0 \cdot c} = 2,4262 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

© Damián Gulich
www.damiangulich.com.ar

1ª parte

Procedimiento Experimental

El dispositivo detector utilizado consta de un cristal capaz de transformar la radiación gamma en radiación UV y visible. Los fotones provenientes del cristal pasan por un fotomultiplicador. Así los fotones son convertidos en pulsos eléctricos que son tratados con un analizador multicanal. Cada canal del analizador corresponde a un rango de energías del orden de 5,5 keV. Registrando el número de impulsos recibidos por canal en un lapso determinado de tiempo, se puede construir un histograma, cuyos picos ayudarán a dilucidar la naturaleza de las interacciones entre la radiación del cesio y el medio.

Para calibrar el detector, se expuso la muestra de sodio sin pantalla alguna. Conociendo la radiación emitida por el sodio (picos en 511 y 1274 keV), se halló la energía por canal mencionada anteriormente. Luego se utilizó la muestra de cesio; primero sin pantalla alguna, y después, detrás de la muestra, pantallas de plomo y grafito, y se observaron los picos correspondientes a cada pantalla.

El tiempo de detección fue de 100 segundos (tiempo vivo).

Resultados

Las gráficas empleadas para esta experiencia son las siguientes:

Comparando la muestra de sodio asociamos al canal nº 98 la energía de 511 keV, y al canal 237 la energía de 1274 keV. De este modo, la energía para cada canal es de 5,5 keV, y la energía correspondiente al canal 0 es -28 keV con respecto al nivel de referencia.

Analizando los datos obtenidos de las distintas gráficas, se pudo confeccionar la siguiente tabla:

	Cs		Cs y Pb		Cs y grafito		Cs con Cu	
	Pico	Borde	Pico	Borde	Pico	Borde	Pico	Borde
Nº de canal	44	100	44	98	42	96	43	98
Energía [keV]	214	522	214	511	203	500	208,5	511

Tabla 1: Energía asociada a cada pico, de acuerdo a los niveles de energía asociados a cada canal.

El pico corresponde al pico de retrodispersión, y borde, al borde Compton. Los mismos están numerados en los gráficos.

Discusión

Los fotopicos estuvieron ubicados en niveles de energía superiores a los esperados. Esto puede deberse a que la calibración pudo no haber sido la correcta. Es decir, puede que el multicanal no se comporte linealmente como se supuso.

Es destacable que el fotopico cae en casi todas las muestras en el mismo canal. La excepción es para la muestra con pantalla de cobre, en la cual la diferencia es de un canal, valor que cae dentro del error experimental de 13,7 canales, equivalente a 75,3 keV (error determinado gráficamente)

En el caso de los picos de retrodispersión, son distintos para cada muestra, no variando en su posición (energía) sino en su altura (intensidad). Se asume que esto tiene que ver con las características del material utilizado como pantalla. En el plomo y el cobre (especialmente en el

primero) pudo observarse que el pico de retrodispersión es alto, mientras que para el grafito es bajo.

En la muestra de plomo se visualiza un pico que no aparece en el resto de las muestras, y cuya energía lo identifica en el umbral entre los rayos X y γ . Esta radiación puede ser producto del arranque de algún electrón interno por algún fotón incidente. Cuando otro electrón ocupa su lugar, emite la radiación observada.

Conclusiones

La energía del rayo X es independiente del fondo utilizado en la experiencia, lo mismo que la energía del fotopico, ya que en los gráficos aparecen los correspondientes máximos en el mismo canal.

El pico de retrodispersión cae siempre en el mismo canal, variando solamente en altura utilizando diferentes materiales como fondo. Esto indica que algunos materiales (especialmente el carbono) absorben fotones que en ellos inciden.

© Damián Gulich
www.damiangulich.com.ar

2ª Parte

Introducción

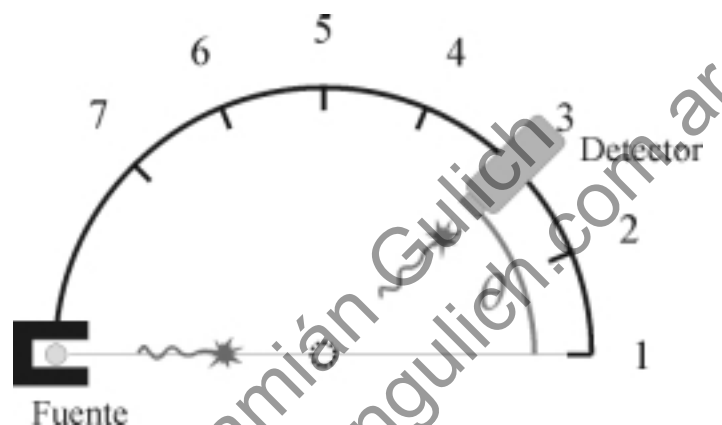
En esta experiencia se intenta analizar la forma en que varía la energía del fotón dispersado por efecto Compton al modificar el ángulo de detección.

Procedimiento Experimental

En la realización de esta experiencia se utilizó el dispositivo experimental de la figura X. Con el dispositivo se podía variar el ángulo de detección en intervalos de 22,5°.

Primero se realizó la experiencia con una muestra de cesio como fuente, sin utilización de pantalla alguna, para luego repetirla con una pantalla de grafito.

La calibración usada fue la misma de la parte 1. Cabe destacar que para cada ángulo se midió en las mismas condiciones y con los mismos instrumentos que en la primera parte de esta experiencia.



Resultados

Compton 2 Con grafito

Posición	Ángulo [°]	Valor Obtenido [keV]	Valor esperado [keV]	Error [keV]
1	0	653,7	662	84,4
2	22,5	675,7	602,57	93,3
3	45	642,7	479,9	98,8
4	67,5	637,2	367,83	98,8
5	90	637,2	288,39	109,8
6	112,5	576,8	237,17	181,1
7	135	675,7	206,13	71,3

Sin Grafito

Posición	Ángulo [°]	Valor Obtenido [keV]	Valor esperado [keV]	Error [keV]
1	0	653,7	662	65,9
2	22,5	670,2	602,57	93,8
3	45	631,7	479,9	93,3
4	67,5	637,2	367,83	93,3
5	90	631,7	288,39	110
6	112,5	571,4	237,17	208,6
7	135	681,1	206,13	76,8

Discusión

De los resultados obtenidos se puede ver que en este experimento la energía no varía de acuerdo a lo esperado al variar el ángulo de detección . Esto puede deberse a la falta de colimación del haz proveniente de la fuente de cesio, lo que ocasionaría que para cada ángulo de detección el resultado obtenido fuera similar. Otro factor a tener en cuenta es la retrodispersión producida por las paredes de la habitación en que se llevó a cabo la experiencia, ya que estaban cercanas al dispositivo experimental. Esto podría explicar por qué los resultados con y sin grafito son tan similares, y tan alejados del resultado esperado.

La experiencia podría optimizarse utilizando una mejor colimación del haz, aunque tal vez no solucione el problema.

Conclusión

Los valores obtenidos no concuerdan con los valores esperados. Se sugiere mejorar las condiciones de experimentación.-

© Damián Gulich
www.damiangulich.com.ar