

Espectroscopía γ utilizando un centellador de NaI

Di Pietro Martínez, Marisel; Domenichini, Pablo E. y Purrello, Víctor H.

22 de abril de 2013

1. Detección

En esta experiencia, se estudiaron por espectroscopía γ los decaimientos de distintas sustancias radiactivas tales como ^{241}Am , ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{60}Co y sal light de mesa.

Para realizar el experimento se utilizó un cristal centellador de NaI anexo a un tubo fotomultiplicador. La salida de este se conectó a un preamplificador alimentado por una fuente de alta tensión y finalmente se adquirió la información por medio de una computadora. Con este dispositivo se midieron, en cuentas, las energías de los haces de radiación γ de las distintas muestras.

Cuando un átomo de la muestra decae, emite un rayo γ como producto de la desexcitación del mismo. Éste, si es detectado, puede desencadenar distintos efectos al entrar al centellador.

Un electrón del cristal de NaI puede absorber completamente el fotón, efecto fotoeléctrico, o “chocar” con él y salir con una velocidad distinta de la inicial y el fotón con una frecuencia distinta, efecto Compton. Al suceder esto, el electrón se moverá por el centellador chocando con otros electrones, excitándolos. Estos podrán volver luego a su estado inicial emitiendo un fotón que si logra salir del centellador será detectado por el tubo fotomultiplicador. De esta manera, será detectada la energía emitida en un principio por la fuente.

En la Fig. 1, podemos ver un espectro teórico de decaimiento γ .

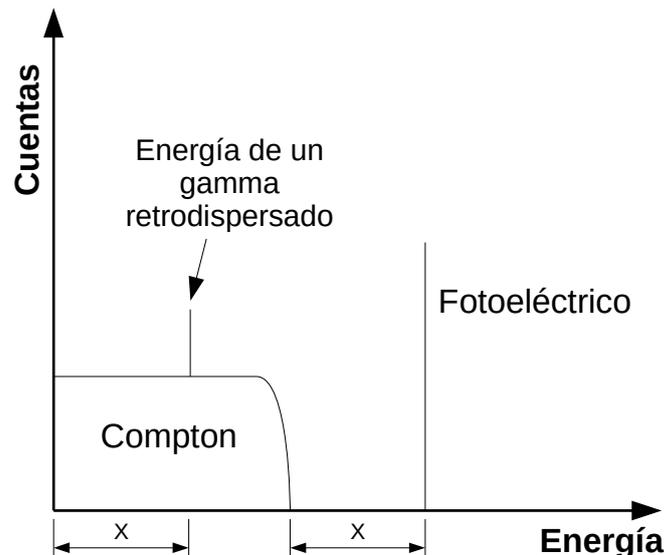


Figura 1: Espectro teórico de decaimiento γ .

En el espectro mostrado en la Fig. 1 se observa un pico marcado como fotoeléctrico (E_γ). Esto sucede cuando el haz γ incidente deposita toda su energía en el centellador. A menores

energías, se detectan los eventos correspondientes al efecto Compton donde el fotón incidente solo deja parte de su energía en el sensor.

El máximo de energía que puede entregar la partícula γ en el efecto Compton corresponde a la configuración en la que sale en la dirección linealmente opuesta al electrón (retrodispersión), $E_\gamma - x$ en la Fig. 1.

Por otro lado, los fotones que salen de la fuente pueden retrodispersarse en el ambiente por lo que puede medirse el pico que correspondería a x en la Fig. 1 en el detector.

Otro fenómeno posible es la creación de pares. Cuando $E_\gamma > 1,022 \text{ MeV}$, el fotón puede decaer en un electrón y un positrón dando lugar a un pico característico en 511 keV. Sin embargo, este pico no fue observado en la presente experiencia.

Además, se utilizó un ladrillo de plomo, el cual se puso en distintas posiciones respecto del lector de radiación para analizar su efecto sobre la detección de los picos de radiación.

También se midió la radiación de fondo. Para ello se acercaron las muestras al detector durante 300 segundos, y a las cuentas obtenidas se le restaron las de la radiación de fondo para poder determinar con mejor precisión la posición de los picos.

2. Resultados y discusión

2.1. Calibración

En primer lugar, se realizó una calibración para conocer la conversión a energía de cada canal. Para esto, se tomaron los picos de cuentas correspondiente al efecto fotoeléctrico para las fuentes de ^{141}Am , ^{66}Co y ^{137}Cs . Los valores de energías de dichos picos se encuentran tabulados por Ekström y Firestone [1]. A los valores hallados se les realizó un ajuste lineal mostrado en la Fig. 2.

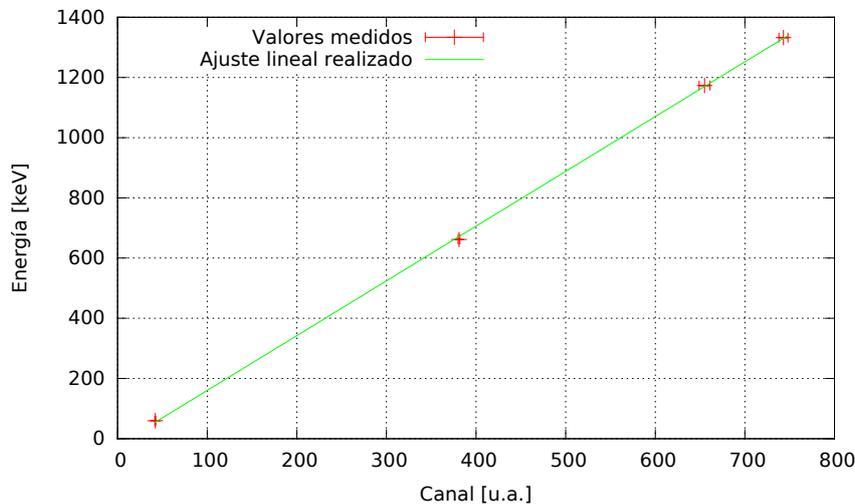


Figura 2: Ajuste de calibración entre energía y canal realizado con los espectro de las fuentes de ^{141}Am , ^{66}Co y ^{137}Cs .

La ecuación de conversión obtenida de esta forma es

$$\text{Energía} = (1,82 \pm 0,01) \text{ keV} \cdot \text{Canal} - (21 \pm 8) \text{ keV} \quad (1)$$

2.2. Blindaje de plomo

Se estudió el efecto de colocar un ladrillo de plomo en distintas posiciones del arreglo experimental. Para ello se realizaron tres mediciones con una fuente de ^{137}Cs , las cuales se pueden observar en la Fig. 3.

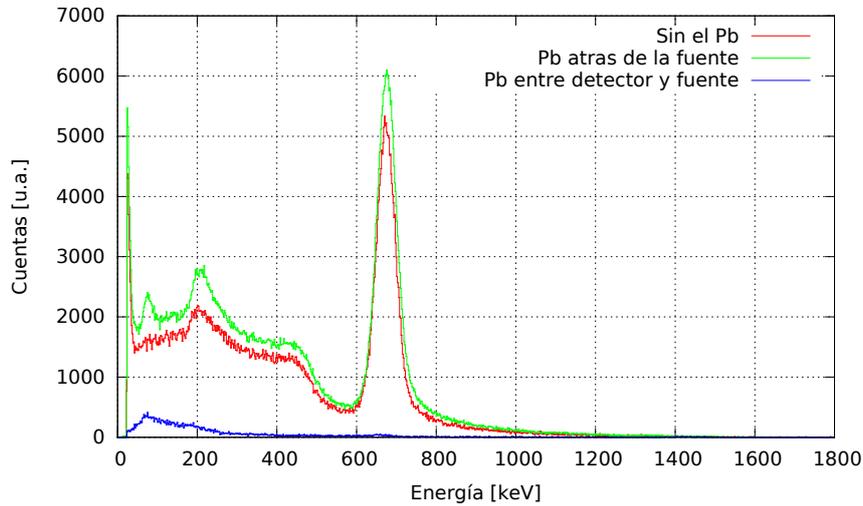


Figura 3: Comparación entre los tres espectros obtenidos para la fuente de ^{137}Cs : Blindaje de Pb, Pb detrás de la fuente y sin Pb.

La primera se realizó colocando el ladrillo de Pb entre el detector y la fuente, como un blindaje. La segunda se realizó colocándolo detrás de la fuente de ^{137}Cs . Por último se realizó una medición sin el Pb, de manera tal de poder comparar con las otras mediciones.

Se puede observar, que la medición realizada sin el ladrillo de Pb, presenta los picos descritos anteriormente, mientras que la realizada con el mismo entre el detector y la fuente pierde todos estos picos, resultando efectivo el blindaje.

Para el caso del ladrillo colocado detrás de la fuente, observamos un pico extra en aproximadamente 102 keV. Este último pico se debe a una retrodispersión de los γ que salen para atrás de la fuente, chocan con el blindaje de Pb y vuelven para ser detectados.

2.3. Fondo de radiación

Luego de las mediciones realizadas usando las fuentes, se hicieron mediciones del fondo de radiación. Para el caso de la fuente de ^{137}Cs se obtuvo su espectro corregido como se muestra en la Fig. 4. Puede notarse en ella claramente la existencia de los picos predichos en la teoría.

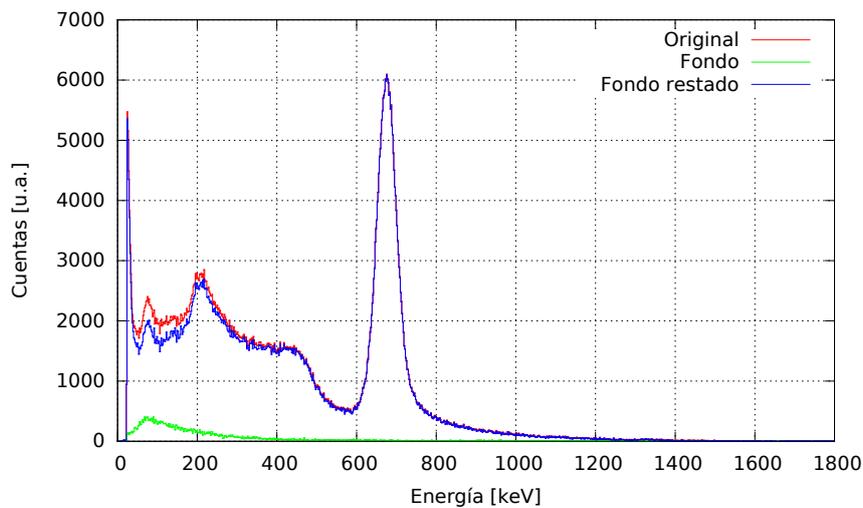


Figura 4: Espectro de radiación de la fuente de ^{137}Cs corregido con la radiación de fondo.

Se corrigió también el espectro de la fuente de ^{60}Co como puede verse en la Fig. 5. Así se explica la presencia del pico alrededor de los 100 keV porque corresponde al fondo y no a la fuente.

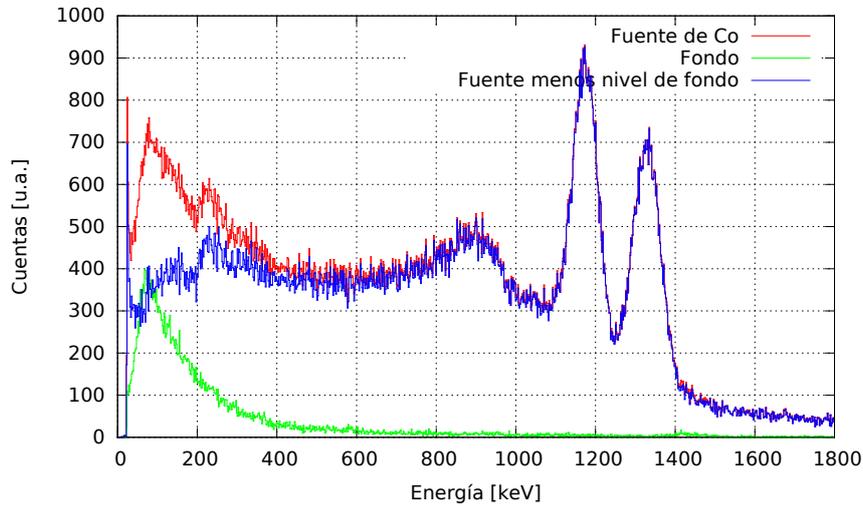


Figura 5: Espectro medido para una fuente de ^{60}Co corregido mediante la medición del espectro de radiación de fondo.

2.4. Sal de mesa

Ubicando dos frascos de sal de mesa light frente al detector, se obtuvo el espectro mostrado en la Fig. 6. Comparando éste espectro con el de radiación de fondo puede verse que son muy

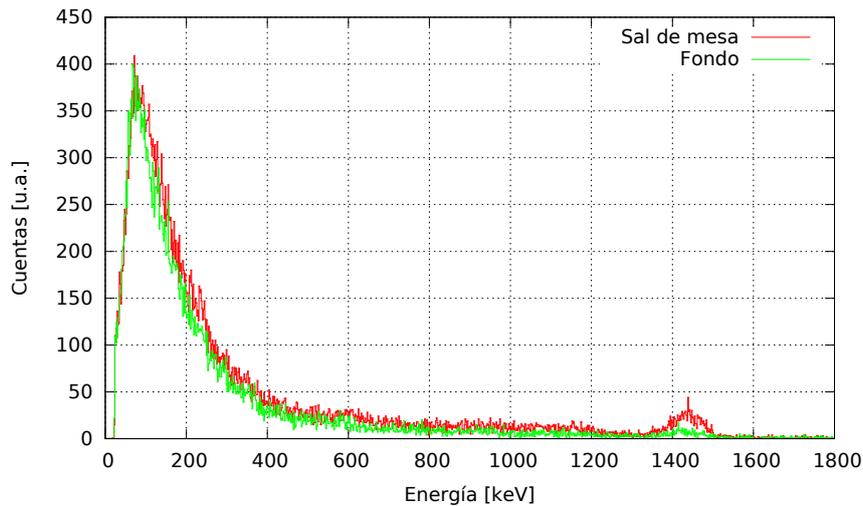


Figura 6: Espectro de radiación de fondo y sal de mesa compuesta de 33 % NaCl y 66 % KCl.

similares.

La similitud puede deberse a que cuando se realizó la experiencia había muchas personas y dado que el cuerpo humano contiene cierto porcentaje de potasio, ya existe un pequeño pico en el fondo de radiación cercano a los 1400 keV. Luego, al colocar los saleros, la intensidad del pico aumentó sin modificar notoriamente el resto del espectro.

Referencias

- [1] L.P. Ekstrom and R.B. Firestone, *WWW Table of Radioactive Isotopes*, database version 2/28/99 from URL <http://ie.lbl.gov/toi/index.htm>