

ENERGÍA NUCLEAR

CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS MEDIANTE UN DETECTOR DE GERMANIO HIPERPURO (HPGe)

Versión 1 – mayo 2013 – PI-VV
Versión 2 – enero 2015 – LMF-VP

Muchas sustancias naturales y artificiales contienen trazas de elementos radiactivos. Materiales como la arena, el hormigón, los ladrillos y la loza pueden contener potasio y pequeñas cantidades de uranio y torio. El vidrio de uso común, los fertilizantes y el gas natural también tienen trazas de elementos radiactivos naturales. Otro ejemplo son las emisiones de gases de las plantas de producción de energía mediante combustión de carbón.

Otros materiales radiactivos están presentes de forma natural en forma mineral. El granito, muy abundante en la sierra de Madrid y también utilizado como material de construcción, es un material que contiene compuestos de uranio y torio. En general posee una actividad baja, pero suficiente como para poder ser detectada. El mineral de uranio, del que se extrae el combustible nuclear, contienen concentraciones algo superiores de uranio. No obstante, para su uso industrial el uranio ha de ser extraído en forma mineral, como por ejemplo la uranitita, y después sometido a un proceso de concentración.



Figura 1 - Mineral de uranio

Los elementos radiactivos presentes en los materiales pueden ser fácilmente identificados a partir de su espectro energético, mediante sus líneas de emisión características. En nuestra práctica el dispositivo experimental consta principalmente de un detector hiperpuro de germanio, sensible a la radiación gamma. Su buena resolución energética permite diferenciar con alta precisión líneas del espectro próximas en energía. El detector de germanio se encuentra refrigerado mediante nitrógeno líquido cuya temperatura se transmite a través de un dedo térmico desde el Dewar hasta el detector. El objetivo de la refrigeración es reducir el número de pares electrón-hueco generados a temperatura ambiente debido al valor del *gap* del HPGe.

Procedimiento de medida

El objetivo principal de esta práctica es la identificación de los elementos presentes en las muestras problema mediante el análisis de su espectro en energías, y la búsqueda bibliográfica de la información de su desintegración, para realizar una correcta asignación de las líneas observadas.



Figura 2 - Detector empleado en la práctica

Como se detalla más abajo, para una correcta identificación de las energías es necesaria una calibración previa así como la sustracción del espectro de fondo.

Las muestras problema bajo análisis son

A	hueso fósil
B	roca problema
C	sal problema
D	bolitas de collar

1. Calibración

Los espectros obtenidos con el detector son histogramas de amplitud de pulso, y por lo tanto no se encuentran calibrados en energía. El analizador multicanal proporciona histogramas, cuyas unidades son *número de cuentas* frente a *canal* y por tanto es necesario encontrar la relación existente entre canales y energía para la correcta caracterización de las muestras.

La calibración se realiza mediante un ajuste lineal canales-energía utilizando una fuente de ^{60}Co , cuyas energías son 1173.2 keV y 1332.5 keV, y una fuente de ^{152}Eu , que tiene las energías tabuladas a continuación.

Fuente	Energía (error)	I (%) (error)
^{152}Eu	121.7817(3)	25.58(6)
^{152}Eu	244.6975(8)	7.583(19)
^{152}Eu	344.2785(12)	26.5(4)
^{152}Eu	411.1163(11)	2.234(4)
^{152}Eu	443.965(3)	2.821(19)
^{152}Eu	778.9040(18)	12.942(19)
^{152}Eu	867.378(4)	4.245(19)
^{152}Eu	964.079(18)	14.605(21)
^{152}Eu	1085.869(24)	10.207(21)
^{152}Eu	1112.074(4)	13.644(21)
^{60}Co	1173.237(4)	99.9736(7)
^{60}Co	1332.501(5)	99.9856(4)
^{152}Eu	1408.006(3)	21.005(24)

El ajuste lineal se realiza seleccionando los 6 o 7 picos más intensos mediante la relación lineal $E(\text{keV}) = \mathbf{m} \times \text{Ch}(\text{canales}) + \mathbf{n}$. La posición exacta en canales de los centroides de cada uno de los picos del ^{60}Co , se obtiene mediante un ajuste gaussiano con el propio programa de medida del analizador multicanal (Palmtop MCA).

2. Comprobación de la calibración

Se verifica la calibración anterior utilizando una fuente de ^{22}Na y otra de ^{137}Cs :

Fuente	Energía (error)	I (%) (error)
^{22}Na	511.0	180.76(4)
^{137}Cs	661.657(3)	85.1 (2)
^{22}Na	1274.53(2)	99.944(14)

3. Medida de fondo

Para obtener una medida más limpia de los espectros problema es conveniente restar una medida del fondo gamma presente en el laboratorio. A este efecto se medirá el fondo del laboratorio durante 10 minutos bajo las mismas condiciones de medida que los espectros problema.

4. Medida de los espectros de energía de las muestras problema.

Una vez se ha obtenido la calibración del detector se procede a la medida de las cuatro muestras problema, manteniendo las condiciones anteriores. El procesado de los espectros se puede realizar con el programa Palmtop MCA. La posición (energía) de los picos se obtiene nuevamente con un ajuste gaussiano.

PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Calibrar en energías el detector de HPGe, mediante un ajuste lineal usando una fuente de ^{60}Co y otra de ^{152}Eu .
2. Comprobar la calibración con ^{22}Na y ^{137}Cs .
3. Obtener un espectro de fondo de laboratorio. Es importante que el espectro de fondo se mida durante el mismo tiempo que los espectros de muestra problema (10 minutos) y bajo las mismas condiciones.
4. Medir los espectros de energía de las muestras problema. Para ello tomar datos durante unos 10 minutos, habiendo calibrado el detector previamente.
5. Identificar los elementos presentes en las muestras, habiendo restado previamente el espectro de fondo. Identificar y explicar el tipo o los tipos de desintegración que ocurre en cada muestra.
6. Explicar brevemente la serie del ^{238}U .