

Práctica de Espectroscopía Gamma de Alta Resolución

En esta práctica los alumnos realizarán medidas de distintas fuentes radiactivas con un detector semiconductor de germanio hiper-puro, HPGe. Empleando dos métodos de filtrado de la señal: analógico y digital.

En la práctica se verá la cadena electrónica utilizada y las señales del detector en el osciloscopio en las distintas etapas. Se familiarizarán con el sistema de adquisición de datos de muestreo y con uno por altura de pico. Optimizarán los parámetros de los filtros digitales y de la electrónica analógica para optimizar la resolución de los datos obtenidos y, al final, pudiendo hacer una comparativa de ambos métodos.

Materiales:

- Detector HPGe
- Create NIM
- Fuente de alta tensión Tennelec TC950A
- Amplificador espectroscópico ORTEC 671
- Analizador Multi-Canal (MCA)
- Módulo de adquisición por forma de pulso CAEN DT5725
- Fuentes radiactivas (^{137}Cs , ^{22}Na , ^{60}Co , ^{133}Ba , ^{152}Eu)
- Osciloscopio
- Modulo NIM generador de pulsos
- Ordenador con software específico instalado

Características técnicas del detector HPGe:

- Serial number: 7874
- Operating high voltage: -4000 V, polarity: NEGATIVA
- Resolution in keV: 0.88 (at 122 keV), 1.9 (at 1332 keV) (with 7244 amp and 4us)
- Diámetro externo: 55 mm
- Longitud: 70 mm
- Distancia a la tapa: 5 mm
- Volúmen sensible: 166 cm³
- Tapa: diámetro de 69 mm, de aluminio, longitud de 250 mm, espesor menor a 1 mm.
- Preamplificador: PSC 821

Realización de la práctica:

La práctica consta de 2 partes. En la primera parte se usará una cadena electrónica analógica y en la segunda parte se usará una cadena electrónica digital. Los alumnos realizarán las conexiones de ambas cadenas electrónicas junto con los pasos intermedios que luego serán evaluados en la realización del informe de la práctica.

La estructura dentro de cada cadena electrónica es similar: identificar material necesario para cada cadena, realizar conexiones, identificación y optimización de parámetros necesarios para obtener la mejor resolución posible. El objetivo final de la práctica es la comparación de la resolución entre la cadena analógica y la digital, y discutir las posibles razones del resultado obtenido.

El detector (ya con voltaje aplicado), la create NIM, la fuente de alta tensión, el modulo generador de pulsos, ordenador y las fuentes radiactivas se utilizan para ambas partes de la práctica.

Las conexiones en ambas cadenas electrónicas son:

Detector → Fuente de alta tensión

Detector → Alimentación del pre-amplificador (trasera del Amplificador espectroscópico)

Generador de pulsos → Osciloscopio

Parte 1: Cadena Analógica

Para la cadena analógica se utilizará: amplificador espectroscópico, osciloscopio y multi-canal (MCA). Dentro de la create NIM estarán los módulos de alta tensión, amplificador espectroscópico y generador de pulsos.

Las conexiones en esta cadena electrónica son :

Detector → Amplificador espectroscópico → MCA → Ordenador

Detector → Osciloscopio

Detector → Amplificador espectroscópico → Osciloscopio

- Primero se impartirá una breve introducción a la práctica en general y en especial a los detectores de germanio. Luego se pasará a observar las señales del generador de pulsos en el osciloscopio, así como las señales de salida en las diferentes etapas de tratamiento de señales y debatir su forma (altura y longitud temporal). Identificar y manipular los parámetros del amplificador y ver cómo cambia la forma de la señal en el osciloscopio.
- Hacer la conexión a través del MCA para ver un espectro en el ordenador. Manipular los parámetros del amplificador para optimizar la resolución del detector.
- Una vez se hayan establecido los parámetros óptimos en el amplificador, usar algunas fuentes radiactivas para calibrar el espectro en energía (usando la función ROI del software para determinar el centroide), se pedirá que el rango de energía del espectro esté entre 0 y ~3000 keV (usar parámetro del amplificador para ajustar este rango).
- Una vez se tenga el espectro calibrado en energía, se procederá a medir distintas fuentes radiactivas, para identificar las transiciones gamma, y calcular la resolución energética usando la función ROI del software.
- Con estos datos se puede realizar una curva de resolución en función de la energía, utilizar 8-12 puntos para la curva.

Parte 2: Cadena Digital

Para la cadena digital se utilizará: módulo de adquisición por forma de pulso, basado en muestreo, CAEN DT5725.

Las conexiones en esta cadena electrónica son:

Detector → CAEN DT5725 → Ordenador

Generador de pulsos → CAEN DT5725 → Ordenador

- En esta parte primero es necesaria una breve introducción a la adquisición digital. Y la posterior familiarización son el software que se va a utilizar para el filtrado de las señales (COMPASS). Para esto se conectará primero el generador de pulsos conectado al digitalizador y se manipularán los parámetros del digitalizador para ver cómo cambia el filtrado de la señal.
- Una vez practicado con el generador de pulsos, se pasa a manipular la señal del detector. Modificar los parámetros del filtro digital hasta encontrar una resolución aceptable. También hay que ajustar filtro para tener un rango del espectro en energía entre 0 y ~4000 keV.
- Realizar la calibración en energía con algunas de las fuentes radiactivas, seleccionando el ROI adecuado en el entorno del software.
- Una vez tengamos el espectro calibrado en energía, se medirán las mismas fuentes que en la parte uno, se identificarán las transiciones gamma y se medirá la resolución energética usando la función ROI del software.
- Con estos puntos se puede realizar la curva de resolución en función de la energía de la cadena digital. Se pueden usar los mismos puntos que en la curva anterior.
- Usando la fuente de ^{152}Eu , situar la fuente a una distancia fija del detector, y realizar una medida durante un tiempo determinado. Esta medida puede ser utilizada para el cálculo de eficiencia del detector (tanto total como intrínseca, utilizar la aproximación de que la fuente es completamente puntual y el detector es un círculo perfecto).

Bibliografía:

1. Capítulos 11 y 12 de G.F. Knoll: “Radiation detection and measurement”, para detectores de semiconductor y HPGe
2. K. Debertin & R.G. Helmer: “Gamma- and X-ray spectroscopy with semiconductor detectors”
3. CoMPASS Multiparametric DAQ Software for Physics Applications :
<https://www.caen.it/products/compass/>
4. Manual CAEN DT5725 :
<https://www.caen.it/download/?filter=DT5725%20/%20DT5725S>
5. MCA Manual:
<https://atomfizika.elte.hu/muszerek/PalmtopMCA/usersmanual-2.8.pdf>
6. Base de datos de fuentes radiactivas:
<http://www.lnhb.fr/Laraweb/index.php>

Informe de la práctica:

El alumno realizará un informe para la evaluación de la práctica. El informe debe ser de un máximo de 2 páginas, Arial 11, una columna (figuras y tablas en los anexos, fuera del límite de 2 páginas) dando solución a las siguientes cuestiones.

1. (2 puntos) ¿Por qué hay que mantener el detector de germanio frío (~90-100K)? ¿Qué sistemas conoces que se utilicen para enfriar los detectores de germanio? ¿Por qué hay que tener cuidado al subir el voltaje a un detector de germanio, y al bajar el voltaje? ¿Por qué es necesario usar un FET? ¿Por qué la señal de salida del pre-amplificador tiene esa forma?
2. (1 punto) Describe, de forma conceptual, el proceso completo desde que una gamma entra al detector hasta que vemos una señal eléctrica (antes del pre-amplificador).
3. (2 puntos) Justifica la elección de los valores usados en el amplificador espectroscópico. ¿Podríamos usar un tiempo de procesado de la señal muy largo? ¿Qué se debe analizar para elegir el mejor intervalo de tiempo de procesado de la señal?
4. (3 puntos) Comparar la resolución en función de la energía obtenida mediante las distintas cadenas. Breve discusión sobre resultados, presentando los datos y curvas de resolución en la misma gráfica. ¿Qué cadena electrónica usarías en un experimento?
5. (2 puntos) Determinar las 10 líneas gamma más intensas, sus núcleos de origen y su procedencia, del espectro de fondo medido con el HPGe (archivo “Fondo.txt3” en la página Indico).
6. (2 puntos) Eligiendo 5 líneas en el último espectro de ^{152}Eu medido, determina la eficiencia intrínseca del detector en función de la energía del gamma. Usa la información de la fuente que se adjunta más abajo.

El punto 6 es completamente opcional y solo sube nota. Para que se tenga en cuenta la cuestión 6 hay que haber realizado las otras 5 cuestiones.

Enviar los informes a los correos (a todos): david.rodriguez@ific.uv.es, carolina.fonseca@ific.uv.es y fnexp24@ific.uv.es

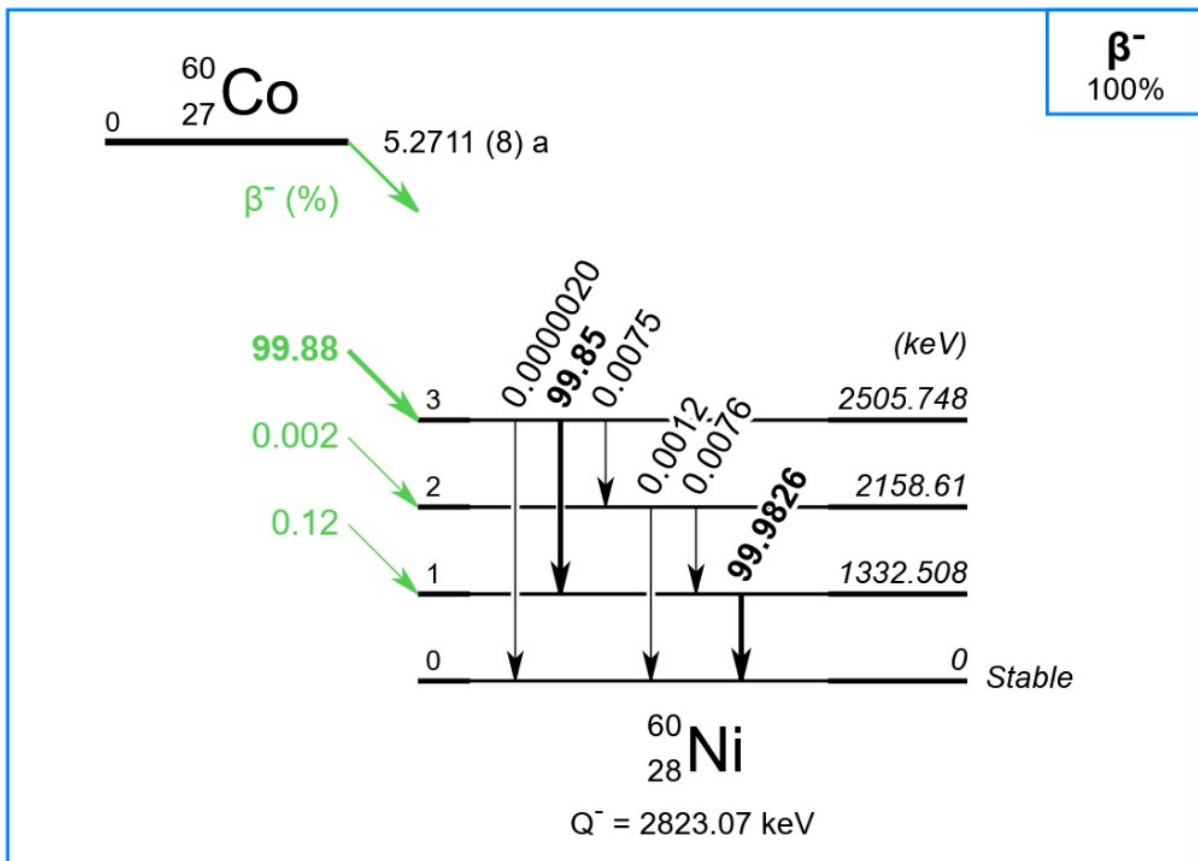
Material adicional:

En la página del Indico se adjuntan ficheros adicionales. 3 programas a ejecutar con ROOT (*.cpp), y fichero de datos de prueba (datos.txt) y un fichero de datos de Fondo ambiental (Fondo.txt3) necesario para el punto 5 del informe de la práctica.

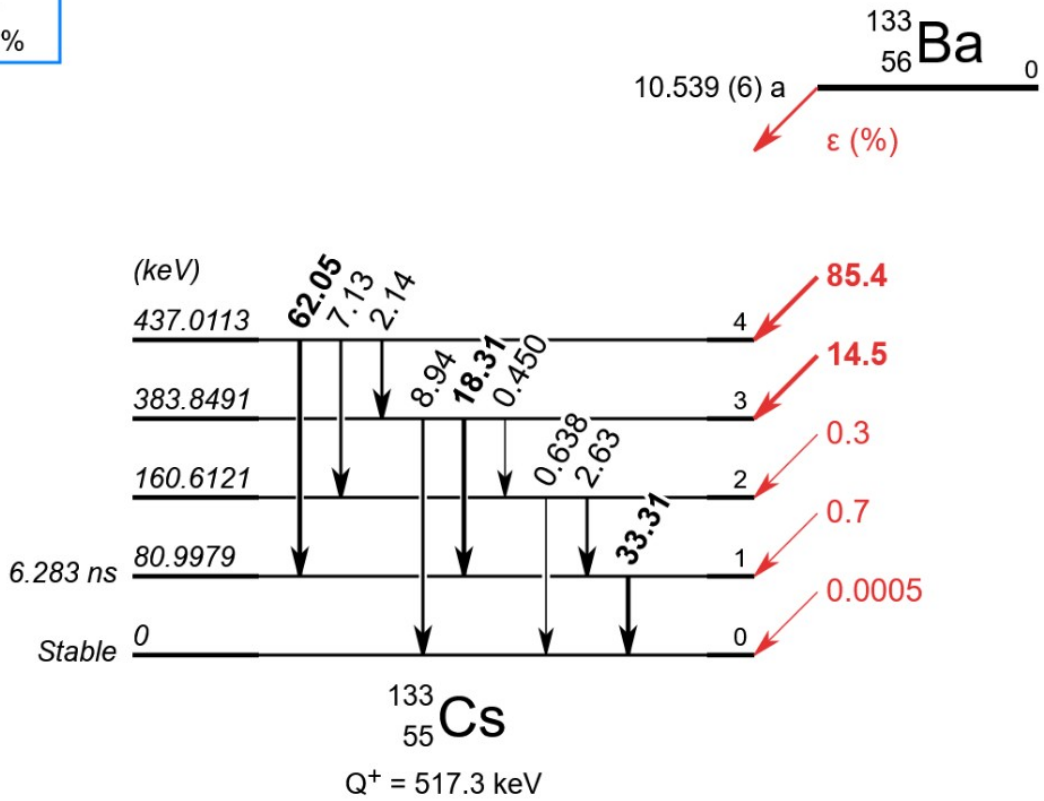
Los programas indican en la parte de arriba qué hacen y cómo ejecutarlos, pero se recomienda intentar leer el programa entero y comprender lo que hace, si tenéis cualquier duda poneos en contacto al e-mail que está en la parte de arriba.

Gamma Reference Source

Source no.	GS 331
Drawing	VZ-477/2
Nuclide	Europium-152
Activity	44.1 kBq
Reference date	1 August 1999 at 12.00 GMT
Leakage and contamination test	Wipe test according to ISO 9978.
Date of wipe test	14 July 1999
Measuring method	The activity of the source was determined by comparison with a reference source of the same construction using a NaI-detector with MCA.
Traceability	Additional to the direct traceability to the PTB through the DKD this product complies with the requirements for traceability to NIST specified in the American National Standard "Traceability of Radioactive Sources to the NIST and Associated Instrument Quality Control (ANSI N42.22-1995)". As a requirement of the ANSI N42.22-1995 Amersham participates in the NEI/NIST Measurements Assurance Program of the Nuclear Power Industry.
Uncertainty	The relative uncertainty of the activity is 3 %. The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$, providing a level of confidence of approximately 95 %. (Ref. NIST Technical Note 1297/"Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" ISO Guide, 1995)
Radioactive impurities	Related to Eu-152 (equal 100 %) the following radioactive impurities were detected: Eu-154: < 1.0 %
Remark	---



ϵ
100%



β^-
100%

