

Curso Avanzado de Física Nuclear Experimental
Master Inter-universitario de Física Nuclear
Curso 2017-2018
IFIC-Valencia

Practica de Laboratorio

Detección de neutrones con tubos proporcionales de ${}^3\text{He}$

Tutor: José Luis Taín Enriquez, Jorge Agramunt Ros
[tain@ific.uv.es, agramunt@ific.uv.es]

Objetivo:

El propósito de esta práctica es iniciar a los alumnos en las técnicas de detección de neutrones usando tubos proporcionales de ${}^3\text{He}$, el uso de moderadores de la velocidad de los neutrones para aumentar la eficiencia de detección (a costa de perder información sobre su energía), y el uso de electrónica digital de adquisición.

Bibliografía:

- Capítulos 14 y 15 en G. F. Knoll: "Radiation detection and measurement"
- Sección 2.8 en W. R. Leo: "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments"
- Helmut Spieler, "Electronics"

Materiales:

1. 2 fuentes radioactivas de neutrones de ${}^{252}\text{Cf}$ (intensa calibrada y débil sin calibrar)
2. Bloque-matriz de polietileno de alta densidad (HDPE) de $90\text{cm} \times 90\text{cm} \times 80\text{cm}$
3. 10 tubos proporcionales de ${}^3\text{He}$ de LND Inc. a 10 atm con volumen activo $\varnothing 2.54\text{cm} \times 60\text{cm}$ (HV: +1350V) dispuestos en dos anillos
4. Fuente de alto voltaje ISEG NHQ203-M de 2 canales (NIM) para los tubos de ${}^3\text{He}$
5. Preamplificador para los tubos de ${}^3\text{He}$ Mesytec MPR 16 MPR16-HV de 16 canales con salida unipolar
6. Fuente de alimentación para el preamplificador Mesytec MNV-4 de 4 canales (NIM)
7. Detector de NaI(Tl) de $\varnothing 3.8\text{cm} \times 3.8\text{cm}$ de BICRON con PMT y base que incluye divisor de tensión y preamplificador Tennelec TC155 (HV: +850V)
8. Fuente de alto voltaje para el detector de NaI(Tl) Tennelec TC952 con 4 salidas
9. Generador de pulsos: BNC BH-1 con reloj externo (10 Hz) (NIM)
10. Controlador VME Struck SIS3100
11. Digitalizador VME Struck SIS3316 de 16 canales con 14 bits y 250 MSamples/s
12. Crate NIM, crate VME
13. PC con interfaz VME/PCI (fibra óptica) Struck SIS1100
14. Osciloscopio

Ver tambien:

- <http://www.lndinc.com/>
- <https://www.mesytec.com/>
- <https://iseg-hv.com/en>
- <http://www.berkeleynucleonics.com/>
- <http://www.struck.de/>
- material adicional

Realización:

1. Hacer un croquis del dispositivo experimental. Verificar las conexiones eléctricas entre los distintos elementos (detectores, electrónica) de la practica.
2. Usando la fuente de ${}^{252}\text{Cf}$ intensa (las fuentes serán manipuladas por el tutor) se visualizará en el osciloscopio la salida de un tubo. Se anotarán las características principales de las señales producidas por neutrones (forma, tiempo de subida, tiempo de bajada, amplitud, variaciones de forma) y la correspondiente al generador de pulsos.

3. Se ajustarán los diferentes parámetros del sistema de adquisición (tiempo de integración y "flat top" de los filtros digitales rápido y lento, umbrales de disparo, etc.) para conseguir el rango de medida adecuado y una buena resolución, tanto para los tubos de ${}^3\text{He}$ como para el detector de NaI (Tl). Para ello, se utilizará el fichero de configuración *test.xlsx* y la guía que se adjunta.
4. Una vez ajustados los parámetros del sistema de adquisición se anotaran, se guardarán los espectros EFIR correspondientes en ficheros **.root*.
5. Se cargará la configuración *BELEN.xlsx*. Esta configuración definirá parámetros para todos los tubos, y generará gran cantidad de espectros (histogramas) adicionales. Se analizaran y anotarán las características de dichos espectros. Estos espectros medidos "online" se guardarán en ficheros ** root* en los subsiguientes apartados de la práctica para su posterior interpretación y comparación.
6. Medir la eficiencia del detector para el ${}^{252}\text{Cf}$ usando la fuente calibrada. Obtener el valor total y los valores por anillos y tubos.
7. Estudiar el tiempo de moderación de los neutrones en función de la distancia del tubo a la fuente estudiando la correlación temporal entre los neutrones detectados en los tubos (anillos) y los rayos gamma detectados en el NaI(Tl). Estudiar la correlación temporal entre los neutrones detectados en ambos anillos
8. (Opcional) Guardar un fichero de eventos en modo de lista **.dlt* para su posterior análisis ("offline"). Convertir este fichero en un TTree de ROOT usando el programa proporcionado. Analizar el TTree para determinar el espectro de multiplicidades (numero de tubos disparados por evento) y la eficiencia del detector a partir del numero total de neutrones detectados y el numero de coincidencias de dos neutrones detectadas (sin necesidad de conocer la calibración de la fuente). Repetir el proceso para la fuente débil no calibrada y comparar
9. Retirar la fuente y medir el fondo natural de neutrones.

Informe:

1. Comentar (internet, tablas, manuales,...) las características físicas relevantes de los detectores de ${}^3\text{He}$ y la electrónica utilizada (analógica y digital).
2. Hacer un croquis del dispositivo experimental y las conexiones eléctricas
3. Caracterización mediante un osciloscopio (forma, tiempo de bajada, tiempo de subida, amplitud) las señales producidas por una fuente de ${}^{252}\text{Cf}$ y comentar las variaciones observadas.
4. Definición, valor de los parámetros del sistema digital de adquisición, y justificación en su elección en el punto 3 de la Realización.
5. Visualización e interpretación de los espectros de amplitud (EFIR) obtenidos para un tubo.
6. Sabiendo que el generador de pulsos tiene una frecuencia de 10 Hz, calcular el número de neutrones que se detectan por unidad de tiempo para cada anillo, y para el total tanto para el caso con fuente como el de fondo.
7. Teniendo en cuenta la actividad de la fuente, calcular la eficiencia de cada anillo, y del total.
8. Visualizar e interpretar los espectros de correlaciones temporales NaI(Tl)-anillo y anillo1-anillo2
9. (Opcional) En su caso visualizar los espectros de multiplicidades (numero de tubos disparados) y de tiempo de correlación entre dos neutrones consecutivos para la fuente intensa y para la fuente débil. Discutir las diferencias observadas. Deducir la eficiencia del detector a partir del numero de neutrones totales y del numero de coincidencias dobles para ambas fuentes y comparar con el valor obtenido por el método directo

Cuestiones adicionales:

1. ¿Por qué el moderador aumenta la eficiencia de un tubo proporcional de ${}^3\text{He}$?
2. ¿Por qué se elige polietileno en vez de plomo como moderador?
3. ¿Qué papel cumplen los bloques más exteriores de moderador?
4. Las tarjetas digitalizadoras son de 14 bits, y el rango de tensión de entrada es de 2 V (también configurable a 5 V). ¿Cuál es la resolución (en V) de dichas tarjetas?