

Caracterización de la vida media del primer estado excitado $5/2^+$ en el ^{133}Cs mediante centelleadores de LaBr_3

Versión 11/2024

INTRODUCCIÓN

El núcleo atómico es un sistema formado por un conjunto de nucleones (neutrones o protones). El modelo de capas permite describir las propiedades nucleares organizando los nucleones en diferentes capas. Cuando todos están en las capas de menor energía se puede considerar que dicho núcleo está en su estado fundamental. Sin embargo, si uno o varios nucleones son excitados a capas superiores, el núcleo muestra estados nucleares excitados que, en general, son inestables y se decaen tras un cierto periodo de tiempo. Esta transición le conduce hacia el estado fundamental y se produce mediante la emisión de radiación gamma o electrones de conversión. La transición puede ser desde muy rápida (del orden de los femtosegundos) hasta muy lenta (hasta minutos). Cuando la transición es lo suficientemente lenta (mayor de un nanosegundo) los estados de partida de estas transiciones son conocidos como isómeros. La probabilidad de cada una de estas transiciones entre niveles nucleares depende de las propiedades (paridad, momento angular total) de cada nivel. Por tanto, el medir este tipo de transiciones nos ayuda a comprender la estructura de los núcleos, cómo evoluciona la misma a lo largo de la tabla de isótopos y a mejorar nuestros modelos teóricos.

En esta práctica, el alumno se enfrentará por primera vez a medir la vida media una transición del estado excitado al fundamental usando una muestra radiactiva del laboratorio. Para ello, se dispone de un montaje experimental que consta de dos detectores centelleadores inorgánicos de LaBr_3 enfrentados, como se puede ver en la Figura 1, conectados a un sistema de adquisición de datos digital optimizado para este tipo de medidas. Este tipo de cristales de centelleo se usan acoplados a un fotomultiplicador que convierte la señal de fotones ópticos generada en el cristal centelleador y la amplifica, generando un pulso eléctrico a la salida suficientemente amplio como para poder ser procesado. En particular, este tipo de detectores tienen una respuesta temporal muy rápida, del orden de 100 ps, ideal para medir vidas medias de hasta algunas decenas de picosegundos.



Figura 1: Montaje experimental de la práctica, en él se pueden observar dos centelleadores de LaBr_3 dispuestos uno enfrente del otro (a 180°) con el porta fuentes entre ambos detectores para realizar las medidas correspondientes.

OBJETIVOS

El objetivo principal de esta práctica es la medida de la vida media del primer estado excitado $5/2^+$ del ^{133}Cs , ver figura 2, mediante la técnica “fast-timing” utilizando dos centelleadores de respuesta temporal ultra-rápida. Para ello los alumnos primeramente han de calibrar en energía ambos detectores, posteriormente evaluar la respuesta temporal del sistema experimental usando una fuente de ^{60}Co , donde los alumnos se familiarizarán con el software de adquisición de datos y comprenderán el concepto de coincidencia entre detectores. A continuación, se realizará la toma de datos con la muestra de ^{133}Ba con las ventanas energéticas optimizadas para la medida de tiempos. Finalmente, los alumnos analizarán el resultado y compararán el valor obtenido con el de la literatura.

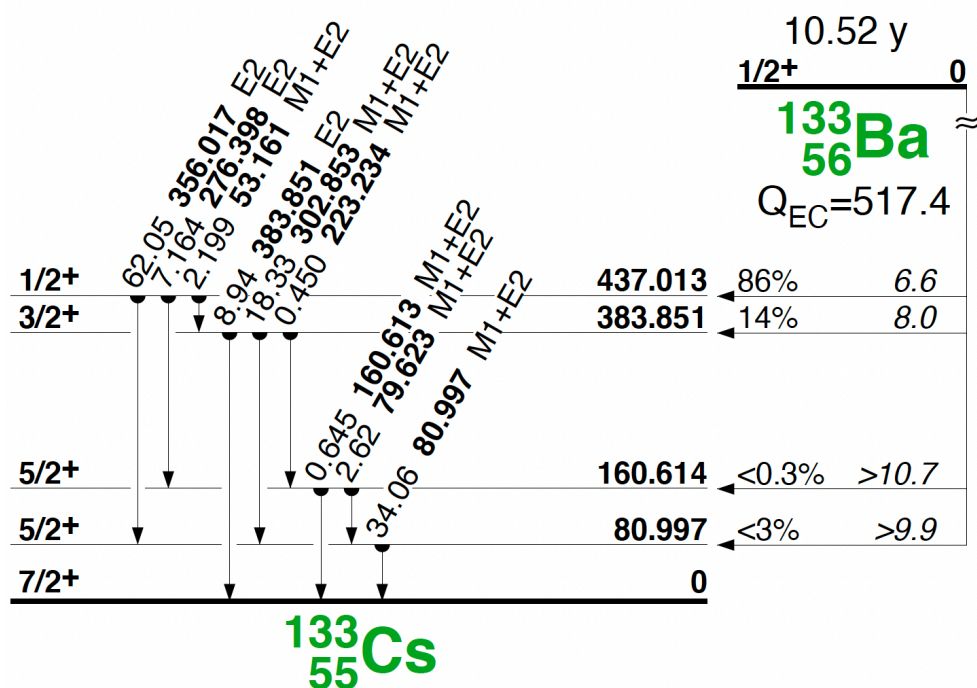


Figura 2: Esquema de niveles del ^{133}Cs observado tras el decaimiento EC del ^{133}Ba .

METODOLOGÍA

Para la consecución de los objetivos el alumno ha de seguir los siguientes pasos:

1. Calibrar ambos detectores usando las siguientes fuentes del laboratorio: ^{22}Na , ^{60}Co , ^{133}Ba y ^{137}Cs .
2. Caracterizar la resolución energética de ambos detectores con la fuente de ^{137}Cs .
3. Considerando el esquema del decaimiento del ^{60}Co , ver apéndice de la práctica, se pide que se evalúe la respuesta temporal del sistema experimental mediante el método de coincidencias y que se razone el por qué se observa dicha distribución temporal.
4. Realizar la medida del ^{133}Ba aplicando las coincidencias en los rayos gamma acorde al esquema de la figura 2.
5. Ajustar la curva temporal a la función que proceda y calcular la vida media del estado excitado $5/2^+$ en el ^{133}Cs .
6. Comparar los resultados con la literatura.

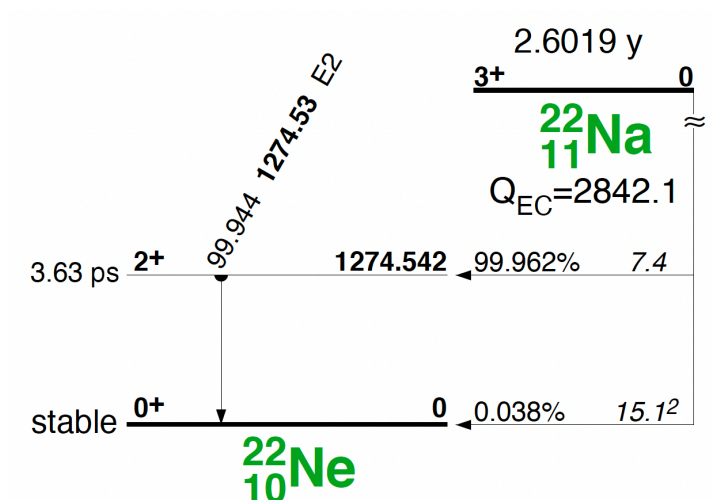


Figura 3: Esquema de niveles del ^{22}Ne medido tras la desintegración del ^{22}Na

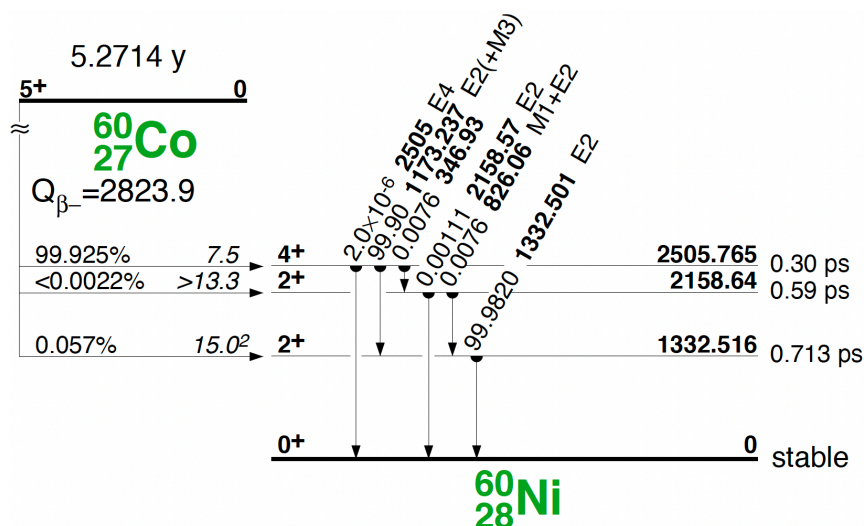


Figura 4: Esquema de niveles del ^{60}Ni medido tras la desintegración del ^{60}Co

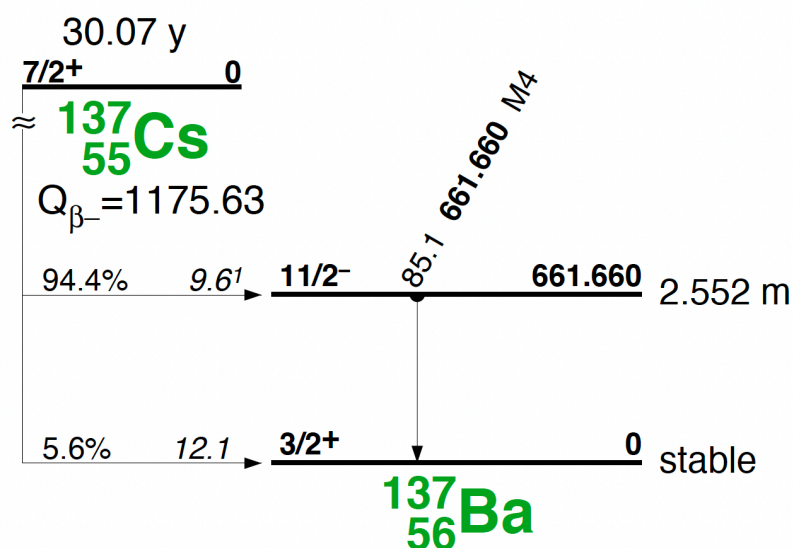


Figura 5: Esquema de niveles del ^{137}Ba medido tras la desintegración del ^{137}Cs