

# Estudio de la selectividad de la absorción resonante en el espectro gamma de una fuente radioactiva de $^{57}\text{Co}$ en Rh

## Investigador de contacto

Gustavo Pasquevich

[gpasquev@fisica.unlp.edu.ar](mailto:gpasquev@fisica.unlp.edu.ar)

Instituto de Física La Plata

Laboratorio de espectroscopía de efecto Mössbauer

Grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos (G3M)

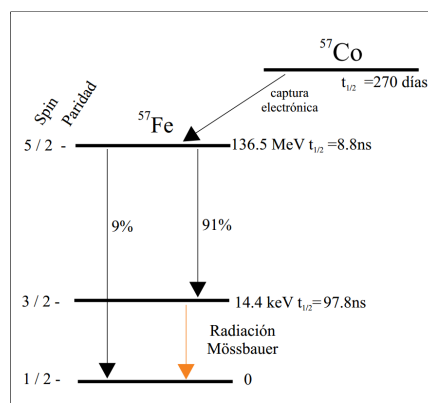
## Palabras claves

Espectros gamma, Efecto Mössbauer, Espectroscopía de efecto Mössbauer, Rayos X, conversión interna, captura electrónica, Efecto Doppler relativista, velocidad constante,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{57}\text{Fe}$

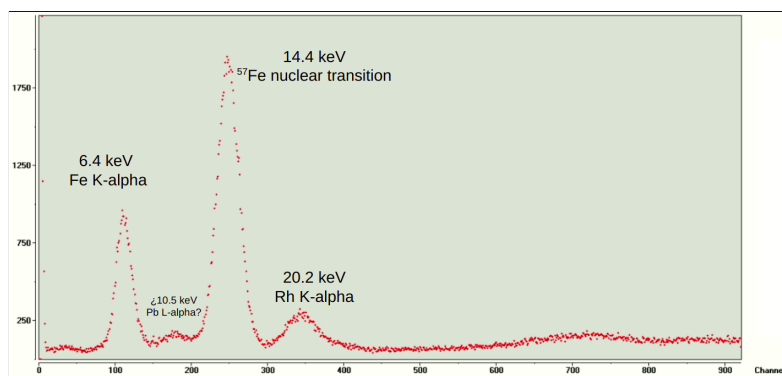
## Introducción

El fotón gamma emitido por un núcleo atómico, debido a la desexcitación de un estado excitado al fundamental, puede ser reabsorbido por otro núcleo equivalente, transicionado del fundamental al mismo estado excitado, si tanto la emisión como la absorción ocurren sin promover un retroceso de los núcleos. A este proceso se lo conoce como efecto Mössbauer. Puede ocurrir sólo si los núcleos involucrados se encuentran en una matriz sólida, y es esta matriz la que retrocede para satisfacer la conservación de la cantidad de movimiento durante la absorción y emisión del fotón involucrado. El efecto Mössbauer solo puede observarse en algunas transiciones nucleares de algunos nucleidos. Entre estas se encuentra la transición de 14.4 keV del  $^{57}\text{Fe}$ .

Las fuentes de  $^{57}\text{Co}$  utilizadas para realizar experimentos de espectroscopía de efecto Mössbauer en  $^{57}\text{Fe}$  emiten, además de los gamma de 14.4 keV, fotones de otras energías, originados en las transiciones de 136.5 keV y 122 keV y también debido a procesos secundarios en el entorno de las sondas, como emisión de rayos X y fotones originados por efecto Compton. Las fuentes Mössbauer se fabrican de modo que los isótopos radiactivos no se vean afectados ni por interacciones cuadrupolares eléctricas ni por dipolares magnéticas, de manera que los niveles nucleares no se desdoblan. Con ese objetivo el isótopo radiactivo es difundido en una matriz cristalina de estructura cúbica y no magnética. Esto se hace con una dilución tal que asegure la ausencia de interacciones entre los núcleos emisores.

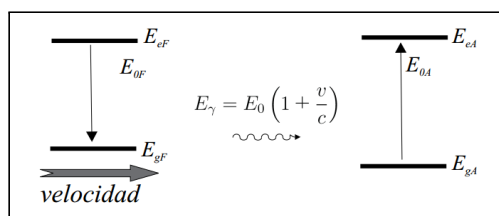


El espectro gamma de una fuente de  $^{57}\text{Co}$  en una matriz de Rh se caracteriza principalmente por fotopicos en 6, 14.4, 20, 122 y 136 keV superpuestos con un ancho y continuo fondo debido principalmente al efecto Compton de los fotones de mayores energías. Pueden aparecer otros fotopicos debido a rayos X del material circundante al experimento, por ejemplo plomo.

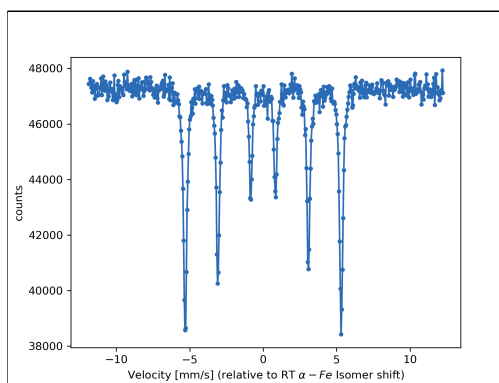


Los niveles nucleares involucrados (excitado y fundamental) difieren entre los núcleos emisores y absorbentes, debido a la dependencia de las interacciones hiperfinas con los entornos atómico y electrónico de los núcleos. Por lo tanto pueden observarse diferencias entre la energía de los fotones emitidos y la necesaria para excitar a los de la muestra de estudio (absorbente). Estas diferencias suelen ser como mucho de hasta  $10^{-7}$  eV. Cuando son mayores que la incerteza energética intrínseca del nivel excitado ( $\Delta E = \hbar/t_{1/2} = 4.6 \times 10^{-9}$  eV) la probabilidad de absorción resonante es prácticamente nula. Además de estas diferencias, los estados nucleares pueden romper su degeneración debido a interacciones cuadrupolares eléctricas o dipolares magnéticas, promoviendo una diversificación de posibles transiciones que dispersan energéticamente en un rango no mayor a  $10^{-6}$  eV. Estas diferencias de energía son tan insignificantes frente a la energía de los fotones involucrados (14 keV) que son irresolubles por técnicas de espectroscopía gamma. La diferencia de energía entre la transición de emisión y la de absorción se puede salvar modificando la energía del fotón emitido mediante efecto Doppler.

Unos pocos mm/s de velocidad relativa alcanzan para compensar las diferencias de energía entre las transiciones en el emisor y en el absorbente. Para los fotones gamma de 14.4 keV, un movimiento de 1 mm/s hacia el absorbente implica un aumento en la energía del fotón emitido de  $4.8 \times 10^{-9}$  eV.



Los experimentos de espectroscopía de efecto Mössbauer de transmisión se basan en utilizar sólo los fotones de la transición nuclear Mössbauer de 14.4 keV y contarlos mientras la energía de estos fotones es modulada periódicamente por efecto Doppler. El conteo de los fotones, que atraviesan una muestra de estudio, se hace en forma sincrónica con la modulación de la energía. De esta manera se obtiene un espectro de absorción que se presenta como fotones transmitidos (o conteo acumulado) en función de la velocidad relativa entre la fuente y el absorbente.



### **Objetivo**

El objetivo de este proyecto es observar la selectividad de absorción resonante a los fotones de 14.4 keV en el espectro gamma. Para eso se registraran espectros gamma en condiciones de velocidad relativa entre fuente y absorbente **fijas** y determinadas. Se seleccionará una primera velocidad tal que la energía del gamma emitido coincida con la necesaria para la transición en los átomos del absorbente (condición **resonante**). En estas condiciones se registrará un espectro gamma. Luego se seleccionará otra velocidad relativa (entre fuente y absorbente) tal que la energía de los fotones emitidos sean bien diferentes a los necesarios para lograr la absorción resonante (condición **no resonante**).

La diferencia entre ambos espectros gamma adquiridos debería presentarse solo en la porción del espectro que fue afectado por efecto de la pequeña modulación Doppler. Se espera que esa diferencia aparezca preferencialmente en el pico de 14.4 keV del espectro gamma, que comprende parte de los fotones emitidos por la fuente con posibilidad de ser absorbidos en forma resonante. En cambio, no se espera diferencia en los picos de 6 y 22 keV (que están relacionados con desexcitaciones electrónicas y la consecuente emisión del fotón X) o en los fotones provenientes del efecto Compton en agentes secundarios, dado que estos fotones no cambian su probabilidad de absorción en el absorbente debido a modificaciones energéticas tan pequeñas como las inducidas por el movimiento relativo y el efecto Doppler ( $\sim 10^{-8}$  eV).

### **Pasos tentativos en la realización del experimento**

El experimento a realizarse consiste en

- Elección de un absorbente para fotones de 14.4 keV emitidos por fuente de  $^{57}\text{Co}$  en Rh. Se buscará un sistema con alta probabilidad de absorción y sin desdoblamientos magnéticos ni cuadrupolares, es decir que consista en una sola transición. Por ejemplo Fe en acero inoxidable.
- Adquisición del espectro de efecto Mössbauer de la muestra seleccionada (en modo aceleración constante). Adquisición del mismo espectro utilizando sucesivas velocidades fijas (modo velocidad constante).
- Del espectro registrado en sucesivas velocidades fijas, se selecciona la velocidad de máxima absorción resonante  $v_{\text{max}}$  y de ausencia de absorción resonante  $v_{\text{null}}$ .
- Adquisición de espectros gamma condicionado a que la fuente se mueve en condiciones de máxima absorción resonante ( $v_{\text{max}}$ ) y nula absorción resonante ( $v_{\text{null}}$ ).
- Comparación de los espectros gamma
- Análisis y discusión de los resultados.

### **Misceláneas**

Los estudiantes se familiarizan con emisión de fuentes radiactivas, emisión gamma, fotopicos, borde y fondo Compton, rayos X por llenado de capas electrónicas atómicas, sistema de detección en espectroscopia nuclear, contador proporcional, etapa de pre amplificación, amplificación, selección de pulsos, efecto Mössbauer, espectroscopía de efecto Mössbauer, señales de referencia de velocidad para experimentos de espectroscopía de efecto Mössbauer y para experimentos de velocidad constante.