

Simulación por Monte-Carlo del fondo radioactivo intrínseco del experimento CUORE (Cryogenic Underground Observatory for Rare Events)

S. Cebrián, I. G. Irastorza, A. Morales.

Laboratorio de Física Nuclear y Altas Energías, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza

CUORE (*Cryogenic Underground Observatory for Rare Events*) es un proyecto que propone la construcción y ensamblaje en un criostato común de un conjunto de mil detectores criogénicos de TeO_2 (750 kg) como observatorio para sucesos raros en el Laboratorio Subterráneo del Gran Sasso (Italia) bajo 3400 m.w.e.¹. Se incluyen, entre otros, experimentos de búsqueda de la desintegración doble beta de los núcleos (la existencia de procesos $2\beta_{0\nu}$ confirmaría que el neutrino es una partícula autoconjugada y masiva), de detección directa de WIMPs (*Weak Interacting Massive Particles*, candidatos a constituir la materia oscura bariónica fría) y búsqueda de axiones (generados por conversión Primakoff en cuerpos celestes como el Sol). En una primera fase, denominada CUORICINO², se van a instalar 56 de esos cristales no sólo como test y preparación del experimento completo, sino también como un proyecto de interés en sí mismo y como una ampliación del experimento MIBETA³, que opera actualmente con casi 7 kg de TeO_2 investigando procesos 2β en telurio.

En instalaciones subterráneas y con blindajes adecuados el fondo observado procede fundamentalmente de las radioimpurezas de los materiales que componen los detectores y su entorno más próximo, especialmente en experimentos criogénicos cuyos componentes todavía no están suficientemente optimizados para el bajo fondo. El objetivo de este trabajo ha sido estudiar y analizar mediante técnicas de simulación por Monte-Carlo el fondo radioactivo del experimento CUORE, considerando las aportaciones de las contaminaciones intrínsecas de los diversos materiales empleados.

I. LA SIMULACIÓN

Se ha utilizado el código GEANT, reproduciendo las geometrías tanto de MIBETA como de CUORICINO y CUORE incluyendo cristales, soportes de cobre, vasijas del refrigerador de dilución y blindajes de plomo (ver figura 1). Se han considerado las emisiones α , β y γ de las cadenas naturales y de diversos isótopos. Algunos de los efectos instrumentales y las características de los métodos de análisis que influyen en el fondo medido han sido también incluidos. Dadas las incertidumbres con que se conocen los niveles de actividad de las impurezas de la mayoría de los componentes, se han tenido en cuenta distintos conjuntos para elaborar los resultados finales.

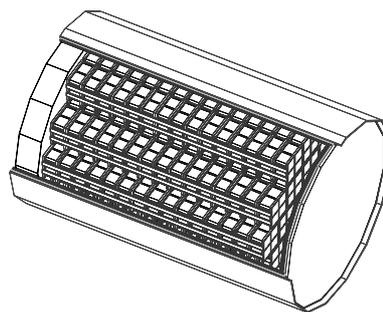


Figura 1. Vista de una parte de la geometría simulada para CUORE: 1020 cristales en 17 torres, dentro de las vasijas del refrigerador de dilución y bajo un bloque de plomo.

II. RESULTADOS PARA MIBETA

El hecho de que MIBETA sea un experimento activo nos ha proporcionado la oportunidad de poder comparar resultados experimentales con los correspondientes simulados, y probar así la fiabilidad de las geometrías reproducidas y de los procesos físicos implementados. En concreto, se han comparado satisfactoriamente espectros de calibración con fuentes radioactivas e incluso el propio espectro de fondo acumulado en varios meses. Además, la simulación ha permitido estudiar y cuantificar las importantes contaminaciones α superficiales observadas en los cristales utilizados en esta experiencia.

III. RESULTADOS PARA CUORICINO Y CUORE

Se han estimado los niveles de fondo que podrían obtenerse en las regiones de interés para materia oscura (desde el umbral hasta 50 keV) y para la desintegración $2\beta_{\text{low}}$ en ^{130}Te (en torno a 2,5 MeV) tanto para la primera fase del experimento (CUORICINO) como para el experimento completo (CUORE) con dos configuraciones de los cristales distintas. Los resultados se resumen en la tabla 1. También se ha estimado el factor de reducción de fondo que se conseguirá en anticoincidencia (entre 1,5 y 4 según región y geometría) y la mejora que significará la utilización de un detector mayor y más fragmentado al pasar de CUORICINO a CUORE. Se ha comprobado que las estructuras de cobre que sustentan los cristales son los elementos del dispositivo que más contribuyen al fondo y se ha analizado la distribución espacial de éste, es decir, qué cristales del conjunto registran más o menos sucesos.

Tabla 1. Niveles de fondo estimados en las regiones de interés para las distintas geometrías

	CUORICINO	CUORE cilíndrico	CUORE cúbico
1-50 keV (suc/(keV kg día))	0,0033	0,00015	0,00036
2,4-2,6 MeV (suc/(keV kg año))	0,0086	0,0011	0,00060

La comparación de los fondos estimados por Monte-Carlo para distintos tipos de cristales desaconseja la propuesta de inclusión de cristales distintos a los de TeO_2 (como CaF_2 o LiF) pues su menor poder de frenado y absorción de la radiación incrementa el fondo a baja energía hasta un orden de magnitud.

Agradecimientos: Agradecemos a E. Fiorini, O. Cremonesi, M. Pavan y A. Nuccotti (Universidad de Milán) por su colaboración y sus valiosos comentarios.

Referencias

¹ E. Fiorini. Phys. Rep. 307 (1998) 309.

² A. Alessandrello et al. Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 87 (2000) 78.

³ A. Alessandrello et al. Phys. Lett. B 486 (2000) 13.