

FAE-18

Potencial del experimento CUORE (*Cryogenic Underground Observatory for Rare Events*) como instrumento de investigación científica

I. G. Irastorza^a, A. Morales^a, S. Scopel^b.

^aLaboratorio de Física Nuclear y Altas Energías, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza, España.

^bDipartimento di Fisica Teorica, Università di Torino, Italy.

I. INTRODUCCIÓN: EXPERIMENTO CUORE

Durante la última década se ha llevado a cabo una intensa actividad, tanto teórica como experimental, en la búsqueda de sucesos poco probables, como la detección de neutrinos y sus oscilaciones, la desintegración doble beta de los núcleos, la detección de Materia Oscura (WIMPs y axiones) así como detección de desintegraciones nucleares extrañas o el establecimiento de límites a la estabilidad del electrón y nucleón, todos ellos relacionados con una física en la frontera o más allá del Modelo Estándar de Partículas Elementales. Debido a la baja probabilidad de ocurrencia de estos sucesos, se impone la utilización de grandes masas de detector. Por otro lado, el desarrollo reciente de técnicas bolométricas que aprovechan el teóricamente bajo umbral y buena resolución de las señales térmicas, ha permitido la aplicación de las mismas en la búsqueda de estos sucesos. El mejor exponente de este desarrollo es el experimento MIBETA¹ (*Milano Double Beta*) que ha conseguido hacer funcionar 20 kg de bolómetros de TeO₂, la mayor cantidad de masa criogénica utilizada hasta la fecha. Como una extensión de este experimento, recientemente se ha propuesto el proyecto CUORE² llevado a cabo por una colaboración internacional en la que además del grupo de Milán responsable del experimento MIBETA, se incluyen otros de Berkeley, Florencia, Gran Sasso, Padua, Leiden, South Carolina y Zaragoza. CUORE aspira a la construcción en el Laboratorio Subterráneo del Gran Sasso de un retículo masivo de 1000 cristales de TeO₂ de 750 g cada uno, sumando una masa total de 750 kg de detector. Dicho dispositivo podría contener también otros cristales para estudiar selectivamente diversos tipos de sucesos poco probables. Una fase inicial del proyecto, denominada CUORICINO, ya ha sido aprobada y está actualmente en fase de desarrollo y construcción de sus 56 cristales de TeO₂ que suman una masa de 42 kg.

En el presente trabajo se estudia la sensibilidad que un dispositivo como CUORE tendría en la exploración de algunos de estos fenómenos arriba mencionados, en particular, en la desintegración doble beta sin neutrinos y la detección de candidatos de la Materia Oscura como axiones y WIMPs.

II. DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE WIMPS

La sensibilidad de un detector a los WIMPs viene principalmente fijada por el umbral y el fondo experimental a baja energía. La localización subterránea del detector y el uso de técnicas de ultra-bajo fondo, como la construcción de un blindaje apropiado (tanto pasivo como activo), la utilización de materiales radiopuros y técnicas de anticoincidencia entre los cristales, permite poder aspirar a un fondo de hasta 10⁻² cuentas/keV/kg/día en la región de baja energía (por debajo de 50 keV), como muestran las estimaciones Monte Carlo y la extrapolación de los resultados de MIBETA.

En la gráfica 1 se muestran las exclusiones de WIMPs que se obtendrían aplicando el método convencional de comparar los ritmos teórico y experimental en caso de que se

alcanzara un umbral de 2 keV y unos fondos de 0.1, 0.01 ó 0.005 c/keV/kg/día, respectivamente. Para el cálculo se ha supuesto una resolución de 1 keV y parámetros estándar en el caso de un modelo del halo de WIMPs isoterma e isotrópico. Se observa que incluso para la hipótesis de fondo más conservadora, la región de DAMA está al alcance de la sensibilidad de CUORE. Por otro lado, la gran masa de CUORE permitiría no sólo excluir candidatos sino también buscar una señal identificativa como la modulación anual del ritmo de WIMPs. Los parámetros experimentales mencionados permiten augurar una sensibilidad a esta señal que explora importantes regiones todavía no excluidas del espacio paramétrico del WIMP³. En particular, CUORE es un experimento idóneo para corroborar o refutar la señal positiva presentada por la colaboración DAMA.

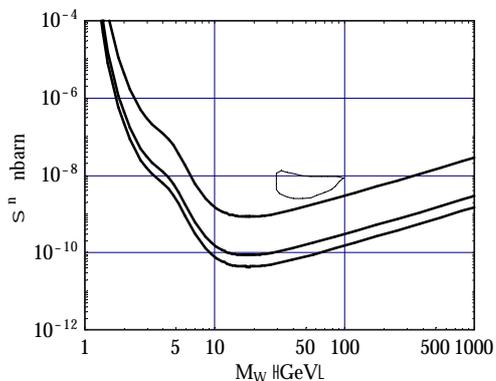


Figura 1. Exclusiones de WIMPs esperadas para el experimento CUORE para diferentes fondos alcanzables en comparación con la región del experimento DAMA.

III. DETECCIÓN DE AXIONES SOLARES

De existir, los axiones podrían ser producidos en los interiores estelares y, en concreto, en el Sol. Estos axiones solares pueden ser detectados e identificados a través del efecto Primakoff-Bragg en cristales dado el característico patrón temporal que presentarían tras las coherencias Bragg a lo largo de la variación diaria de la dirección de incidencia. La gran masa de CUORE, el campo eléctrico interatómico del TeO₂ (más intenso que en otras especies debido al elevado número atómico del Te) y el conocimiento de la orientación de los cristales suponen interesantes ventajas con vistas a la detección de la mencionada señal. Sin embargo, la consecución de un bajo umbral es crucial en este caso ya que la señal esperada se concentra en el intervalo 2-10 keV. Teniendo en cuenta los parámetros experimentales mencionados anteriormente, CUORE podría obtener un límite a la constante de acoplamiento axiÓN-fotÓN de $6 \times 10^{-10} \text{ GeV}^{-1}$, que compite con los límites astrofísicos teóricos.

IV. DESINTEGRACIÓN DOBLE BETA SIN NEUTRINOS

La desintegración doble beta sin neutrinos del ¹³⁰Te se manifestaría con la presencia de un pico en la zona de los 2.5 MeV. Por lo tanto, la sensibilidad de un experimento en la detección de dicho suceso viene dictada por el fondo y resolución en dicha zona energética y se expresa en términos de un límite a la vida media de la desintegración. Para el caso de CUORE y el Te (35% contenido isotópico de ¹³⁰Te), dicho límite podría llegar a 3.6×10^{-26} años para un año de toma de datos. Este límite puede también expresarse en términos de un límite a la masa de Majorana efectiva del neutrino $\langle m_{\nu} \rangle$, aunque con ciertas incertidumbres teóricas. A través de este sistema, CUORE podría establecer límites a esta masa hasta por debajo de $\sim 0.03 \text{ eV}$.

Referencias

- ¹ S. Pirro et al. Nucl. Instrum. Meth. **A444** (2000) 71
- ² E. Fiorini, Phys. Rep. **307** (1998) 309
- ³ S. Cebrián, Astrop. Phys. **14** (2001) 339 [hep-ph/9912394]