

Capacidades de AMS-02 como detector de rayos gamma

P.Aguayo¹, M.Aguilar¹, J.Berdugo¹, J.Casaus¹, C.Delgado¹, C.Díaz¹, C.Fernández¹,
L.García-Tabarés¹, F.Giovacchini¹, E.Lanciotti¹, C.Mañá¹, J.Marín¹, G.Martínez¹,
C.Palomares¹, E.Sánchez¹, I. Sevilla¹, A.Torrentó¹, J.Yáñez¹

¹ Centro de Investigaciones Medioambientales y Tecnológicas CIEMAT, Avda. Complutense, 22. 28040 Madrid

I.INTRODUCCIÓN

Los resultados del experimento EGRET¹ durante la década de los 90 han abierto un nuevo campo de la astronomía en el rango de energías por encima de 0.1 GeV (la llamada astronomía gamma de alta energía). Entre ellos destacan el mapa del cielo en este rango, la detección de emisión gamma de ciertos púlsares y el descubrimiento de gran número de núcleos galácticos activos. Sin embargo, tras el final de la toma de datos, el rango 1-300 GeV ha permanecido relativamente inexplorado hasta el día de hoy. La naturaleza de varias de las fuentes detectadas por EGRET sigue aún sin conocerse.

Una nueva generación de experimentos en tierra y en el espacio tratará de resolver las incógnitas planteadas por EGRET a estas energías. Concretamente, el experimento espacial GLAST² se convertirá en el experimento de referencia en astronomía gamma de alta energía a partir de la segunda mitad de esta década.

En este contexto, se hace interesante analizar las capacidades que presenta el experimento AMS-02 para la astronomía gamma en el periodo previo a la puesta en órbita de GLAST. AMS (Alpha Magnetic Spectrometer) es un espectrómetro magnético de gran aceptación que será situado en la Estación Espacial Internacional durante al menos tres años. Su misión principal es la detección e identificación de rayos cósmicos primarios en el rango de energía 0.1-1000 GeV. Las características de sus subdetectores le permiten asimismo tener una buena respuesta a los fotones gamma.

II. AMS-02 COMO DETECTOR DE RAYOS GAMMA

La configuración global del detector se detalla en otra contribución a este congreso³. A energías superiores a 1 GeV el proceso fundamental que se utiliza para la detección de fotones es su conversión a un par electrón-positrón. En AMS ésta tiene lugar bien en las etapas superiores del detector (0.25 longitudes de radiación), para ser identificado en el detector de trazas de silicio (STD) como una doble traza; o bien en el calorímetro ECAL, en el que se reconstruye la cascada electromagnética resultante.

La marca de identidad de un fotón en el STD es la presencia de dos trazas de carga opuesta con un vértice común, consistente con la dirección de la traza dada por el detector anterior, el TRD, en caso de existir. Gracias a la extraordinaria precisión espacial del STD y la potencia del imán superconductor que lo rodea, se espera para estos fotones una alta resolución angular, que alcanza el minuto de arco (0.3 mrad) a muy alta energía. Los límites de energía en el STD vienen dados por el radio de giro del par a energías bajas y por la resolución espacial a energías altas. En el ECAL los fotones producen una cascada electromagnética sin haber dejado ningún otro rastro en los demás subdetectores (sensibles a partículas cargadas). Se espera una resolución energética por debajo del 5% para estos sucesos. Los límites de detección en el ECAL vienen definidos por su capacidad de reconstrucción de cascadas débiles (a baja energía, ≈ 5 GeV) o saturadas (a muy alta energía ≈ 1 TeV).

Para obtener cocientes ruido-síñal por debajo del 1%, es necesario que la identificación de gammas logre un factor de rechazo $O(10^5)$ para protones y $O(10^4)$ para helio y electrones. La simulación Monte Carlo de esta estadística ha determinado que se consiguen estos factores para todas las especies⁴. Por último hay que señalar que AMS dispondrá de un sistema de cámaras CCD que identificarán el campo de visión observado y ofrecerán una referencia celeste para las trazas detectadas. Asimismo el detector estará equipado con un sistema GPS para el registro preciso de tiempos de llegada de los sucesos.

III. CAPACIDADES ESPERADAS

En la tabla 1 se muestra una comparativa de las capacidades medidas de EGRET tras siete años de operación y las que se esperan de AMS. Se ha comprobado que a pesar de no ser un observatorio de construcción específica para astronomía gamma, sus características le convierten en un experimento interesante a pesar de las limitaciones de flujo de las fuentes a esas energías y la imposibilidad de poder apuntar activamente el instrumento. Especialmente notables son las resoluciones angular (figura 1) del STD y energética del ECAL. Se ha obtenido una primera estimación de la sensibilidad de $\approx 10^{-8} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para fuentes en el plano galáctico y $\approx 10^{-9} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para fuentes fuera del mismo (a 1 GeV).

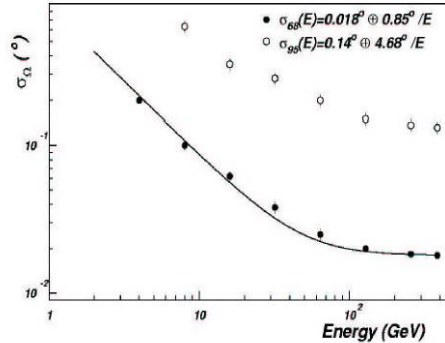


Figura 1. Resolución angular simulada para el STD⁵ (preliminar).

Tabla 1. Comparativa de capacidades a la detección de gammas de alta energía^{5 6} (preliminar)

Observatorio	Rango de energía	Área efectiva máxima	Resolución energética	Resolución angular (a un único fotón)	Campo visual
EGRET	20 MeV-30 GeV	$\approx 1000 \text{ cm}^2$	$\approx 20 \%$	5.5°@ 100 MeV 30'@ 5 GeV	0.5 sr
AMS	ECAL	5 GeV-1 TeV	$< 3\%$ ($> 10 \text{ GeV}$)	$\approx 2.8^\circ @ 10 \text{ GeV}$	1 sr
	STD	1 GeV- 300 GeV	$\approx 3\%$	$\approx 5' @ 10 \text{ GeV}$	2 sr

IV. CONCLUSIÓN

Durante el periodo previo a la puesta en marcha de GLAST, AMS puede aportar valiosa información al campo de la astronomía gamma, especialmente en el rango 1-300 GeV. A pesar de contar con una estadística limitada, gracias a su resolución angular y energética contribuirá de manera importante a la identificación de las fuentes desconocidas de EGRET y al estudio del espectro del fondo difuso galáctico y extragaláctico.

¹<http://lheawww.gsfc.nasa.gov/docs/gamcosray/EGRET/egret.html>

²http://glast.gsfc.nasa.gov/resources/brochures/gsd/GSD_web.pdf

³ Aguayo, P. et al. Este libro de contribuciones.

⁴ Choutko, V.; Lamanna, G.; Malinin, A. Int.J.Mod.Phys.A Vol.17, 12-13 (2002) 1817

⁵ Lamanna, G. Nucl.Phys.B (Proc.Suppl.) 113 (2002) 177

⁶http://coss.gsfc.nasa.gov/egret/egret_doc.html