

Resumen

Esta tesis consiste en dos partes: Una técnica que describe el telescopio MAGIC, su calibración y la reconstrucción de sus señales; y una parte de análisis resumiendo la primera observación de la emisión inicial de un estallido de rayos gama (“Gamma Ray Burst”), realizada con un telescopio Cherenkov.

Parte Técnica

Después de una introducción a la técnica IACT, se presenta el telescopio MAGIC con su sistema de calibración: un conjunto de “LEDs” ultra rápidos y luminosos en tres colores diferentes. Éste se utiliza para enviar impulsos de luz hacia la cámara, la cual se caracteriza utilizando las señales que recoge de una serie de impulsos de luz que poseen la misma intensidad. Dos dispositivos adicionales miden la cantidad absoluta de luz: fotomultiplicadores oscurecidos, capaces de extraer espectros de fotoelectrones individuales, y un PIN diodo calibrado que produce una señal eléctrica proporcional al número total de fotones incidentes.

El sistema de calibración fue utilizado para obtener parámetros característicos de la cámara: factores de corrección para igualar las diferencias de ganancia y de eficiencia cuántica entre los pixeles de la cámara, así como su evolución temporal. Además se obtuvieron factores de conversión de cuentas de FADC a fotoelectrones y fotones, y factores de corrección para igualar los tiempos de paso. Se obtuvo una resolución de tiempo global y se realizó una calibración de linealidad. Finalmente, se investigó la evolución temporal de la cámara a plazo corto, medio y largo y se presentan soluciones para corregir los cambios encontrados.

Parte de Análisis

En esta parte se analizaron datos de un estallido de rayos gama (GRB), llamado GRB0507013a. Este estallido fue detectado el 13 de julio del 2005, por el detector BAT, integrado al satélite SWIFT, y en seguida observado por el telescopio MAGIC mientras el estallido estaba todavía activo. Como la posición del estallido, vista desde el telescopio MAGIC, se encontró cerca del horizonte, las condiciones de observación no eran óptimas. Así, el umbral de energía resultó ser al menos tres veces más alto que el que se habría obtenido en observaciones con ángulo zenital bajo.

Un análisis paralelo fue realizado con datos tomados durante un “flare” extraordinariamente intenso del núcleo activo “Markarian 501”, que dio los flujos de rayos gama más intensos en este periodo del año. Estos datos se tomaron 10 días antes de los de GRB0507013a. El análisis paralelo confirmó la ganancia en sensibilidad como también un umbral de energía más bajo: El espectro de rayos gama de Markarian 501 podía ser extendido hacia energías mucho más bajas que 100 GeV, para observaciones a bajo ángulo zenital. Se obtuvo una sensibilidad de cerca de 4σ

por hora para un flujo de rayos gama equivalente al flujo de la nebulosa del Cangrejo a energías alrededor de 80 GeV.

Los datos de GRB0507013a fueron analizados de cuatro maneras diferentes:

1. Buscando señal en los primeros 90 segundos de coincidencia con la fase inicial de emisión.
2. Buscando señal en los primeros 1000 segundos de datos.
3. Buscando señal en el conjunto de 37 minutos de datos de GRB0507013a.
4. Buscando señal en bins de 100 segundos.

Ninguna de estas búsquedas reveló un exceso significativo de señal respecto al fondo esperado y se obtuvieron límites superiores sobre el flujo de rayos gama para cada una de estas búsquedas (95% CL):

$$\begin{aligned} \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle_{|160 \text{ GeV}} &< 1.3 \cdot 10^{-8} \text{ fot./cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 4.2 \text{ C.U. (primeros 90 s)} \\ \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle_{|160 \text{ GeV}} &< 3.3 \cdot 10^{-9} \text{ fot./cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 1.1 \text{ C.U. (primeros 1000 s)} \\ \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle_{|160 \text{ GeV}} &< 1.4 \cdot 10^{-9} \text{ fot./cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 0.45 \text{ C.U. (completos 2223 s)} \\ \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle_{|160 \text{ GeV}} &< 1.6 \cdot 10^{-8} \text{ fot./cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 5.2 \text{ C.U. (cualquier intervalo de 100 s)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle_{|280 \text{ GeV}} &< 3.0 \cdot 10^{-9} \text{ fot./cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 4.1 \text{ C.U. (primeros 90 s)} \\ \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle_{|280 \text{ GeV}} &< 2.9 \cdot 10^{-10} \text{ fot./cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 0.40 \text{ C.U. (primeros 1000 s)} \\ \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle_{|280 \text{ GeV}} &< 2.6 \cdot 10^{-10} \text{ fot./cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 0.36 \text{ C.U. (completos 2223 s)} \\ \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle_{|280 \text{ GeV}} &< 2.8 \cdot 10^{-9} \text{ fot./cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 3.8 \text{ C.U. (cualquier intervalo de 100 s)} \end{aligned}$$

Estos límites incluyen incertidumbres estadísticas y sistemáticas, además hay que asumir un 22% de incertidumbre sobre la determinación de la escala absoluta de energía.

Summary

The thesis consists of a technical part, describing the MAGIC Telescope, its calibration and signal reconstruction, and an analysis part with the result of the first observation of the prompt emission of a gamma ray burst, made by a Cherenkov Telescope.

Technical Part

After a general introduction to the Imaging Atmospheric Cherenkov Technique, the MAGIC Telescope and its calibration system is presented: an assembly of ultra-fast and bright LEDs in three different colors are used to send calibration light pulses of various intensities to the camera, which in turn gets characterized by its response to the series of light pulses of a same intensity. Two additional devices measure the absolute amount of light: Three obscured photo-multipliers can extract single photo-electron spectra, and a calibrated PIN diode yields an electrical signal proportional to the incident number of photons.

The calibration system was used to derive characteristic parameters of the MAGIC camera: Correction factors to equalize the differences in gain and quantum efficiency between different pixels in the camera and their evolution with time, absolute conversion factors from FADC counts to photo-electrons and photons, correction factors to equalize the signal transit times. A global time resolution of the MAGIC camera is derived and a linearity calibration performed. Finally, the short, medium and long-term evolution of the camera with time is investigated and solutions presented to correct for the found changes.

Analysis Part

Data taken on GRB050713a was analyzed. This burst was detected on July, 13th, 2005 by the BAT instrument onboard the SWIFT satellite, and followed-up by the MAGIC Telescope only 40 seconds after the onset of the burst, but while the burst was still ongoing. As the burst position, seen from the MAGIC Telescope, appeared rather close to the horizon, observational conditions were not optimal and especially the energy threshold came out at least three times higher than the one obtained in common observations at low zenith angles. A parallel test analysis was performed on data taken during an extraordinarily strong flare of the Active Galactic Nucleus (AGN) “Markarian 501”, the strongest high-energy gamma ray source at that time. The data of test analysis was taken just 10 days before the GRB050713a data. The test analysis confirmed the gain in sensitivity as well as the lowering of the energy threshold: The spectrum can be extended to energies well below 100 GeV for observations at low zenith angles, with a sensitivity of about 4σ per hour for an equivalent

Crab Nebula flux at a mean energy of 80 GeV.

The GRB050713a data was searched for signals in four ways:

1. Searching the first 90 s of overlap with the prompt emission phase.
2. Searching the first 1000 s.
3. Searching the entire 37 minutes of data taken on GRB050713a.
4. Searching in time bins of 100 s.

None of these four searches yielded a significant excess over background and differential upper limits were derived for each of these searches.

The following differential upper limits (95% CL) on the emission of GRB050713a were obtained, including statistical and systematic uncertainties:

$$\begin{aligned}
 \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle |_{160 \text{ GeV}} &< 1.3 \cdot 10^{-8} \text{ ph/cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 4.2 \text{ C.U.} && \text{first 90 s} \\
 \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle |_{160 \text{ GeV}} &< 3.3 \cdot 10^{-9} \text{ ph/cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 1.1 \text{ C.U.} && \text{first 1000 s} \\
 \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle |_{160 \text{ GeV}} &< 1.4 \cdot 10^{-9} \text{ ph/cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 0.45 \text{ C.U.} && \text{entire 2223 s} \\
 \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle |_{160 \text{ GeV}} &< 1.6 \cdot 10^{-8} \text{ ph/cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 5.2 \text{ C.U.} && \text{any 100 s interval}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle |_{280 \text{ GeV}} &< 3.0 \cdot 10^{-9} \text{ ph/cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 4.1 \text{ C.U.} && \text{first 90 s} \\
 \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle |_{280 \text{ GeV}} &< 2.9 \cdot 10^{-10} \text{ ph/cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 0.40 \text{ C.U.} && \text{first 1000 s} \\
 \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle |_{280 \text{ GeV}} &< 2.6 \cdot 10^{-10} \text{ ph/cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 0.36 \text{ C.U.} && \text{entire 2223 s} \\
 \left\langle \frac{d\Phi}{dE} \right\rangle |_{280 \text{ GeV}} &< 2.8 \cdot 10^{-9} \text{ ph/cm}^2/\text{TeV/s} \equiv 3.8 \text{ C.U.} && \text{any 100 s interval}
 \end{aligned}$$

with 22% uncertainty on the determination of the absolute energy scale.