

CAPACIDAD DE MAGIC PARA DETERMINAR PARÁMETROS COSMOLÓGICOS

O. Blanch¹

¹ Institut de Física d'Altes Energies (IFAE), Universitat Autònoma de Barcelona, 08190 Bellaterra

I. INTRODUCCIÓN

Los Telescopios Cherenkov han demostrado ser los detectores más exitosa la hora de estudiar rayos gamma cósmicos por encima de centenares de GeV. Actualmente se está poniendo en funcionamiento una segunda generación de telescopios, entre ellos MAGIC¹. Una de las principales características de estos telescopios es la reducción de la energía umbral de detección de rayos cósmicos a alrededores de 30 GeV.

En el contexto del modelo estándar de las interacciones de partículas, los rayos cósmicos que cruzan distancias cosmológicas son absorbidos por su interacción con el Fondo de Luz Extragaláctica (FLE), produciendo parejas electrón-positrón. De esta forma el flujo de rayos gamma que llega de una fuente extragaláctica es atenuado en función de la energía (E) de los rayos gamma y el redshift (z_q) de la fuente. La reducción de flujo se puede expresar con un factor atenuador $\exp[-\tau(E, z_q)]$, donde τ es la profundidad óptica, que modifica el espectro de la fuente de rayos gamma.

La profundidad óptica se puede escribir explícitamente en función del redshift y la energía como:

$$\tau(E, z_q) = \int_0^{z_q} dz' \frac{dl}{dz'} \int_0^x dx \frac{x}{2} \int_{\frac{2m^2c^4}{Ex(1+z')^2}}^{\infty} d\varepsilon \cdot n(\varepsilon, z') \cdot \sigma \left[2xE\varepsilon(1+z')^2 \right]$$

donde $x \equiv 1 - \cos\theta$, $n(\varepsilon, z')$ es la densidad de energía a z' , ε la energía del FLE y σ la sección eficaz para la producción de parejas electrón-positrón.

Para cada energía de rayos gamma, se define el Horizonte de Rayos Gamma (HRG) como el redshift para el cual $\tau(E, z_q) = 1$. Las predicciones teóricas indican que, para observar fuentes a redshift mayor que 0.1, es necesario tener una energía umbral por debajo de los 100 GeV.

II. PARÁMETROS COSMOLÓGICOS

Algunos parámetros cosmológicos como la constante de Hubble (H_0) y las densidades cosmológicas (Ω_M , Ω_k , Ω_λ) tienen un papel importante en la determinación de la profundidad óptica²:

$$\frac{dl}{dz} = c \cdot \frac{1/(1+z)}{H_0 \left[\Omega_M (1+z)^3 + \Omega_K (1+z)^2 + \Omega_\lambda \right]^{1/2}}$$

Antes de discutir la precisión en la determinación de estos parámetros, es importante ver cuál es la evolución de la profundidad óptica y el HRG con el redshift. En la figura 1, se puede observar que la evolución es notablemente diferente a la de la distancia geodésica o la distancia luminosa, que es utilizada para la determinación de los parámetros cosmológicos con supernovas 1A. Por tanto, las medidas realizadas con el HRG o la profundidad óptica complementaran las actuales.

Extrapolando los datos del catálogo de EGRET, MAGIC espera ser capaz de medir el HRG con una precisión del 10% para unas 20 fuentes extragalácticas observando cada una un máximo de 50 horas. El comportamiento del HRG en función del redshift depende del modelo usado para el FLE y los valores de los parámetros cosmológicos. Estas fuentes están distribuidas a diferentes redshift (figura 2). La medida de su profundidad óptica y del HRG permitirá excluir modelos para el FLE y determinar parámetros cosmológicos.

Más concretamente, las previsiones indican que la observación de estas fuentes permitirá determinar la constante de Hubble y las densidades cosmológicas con un error estadístico alrededor del 10%.

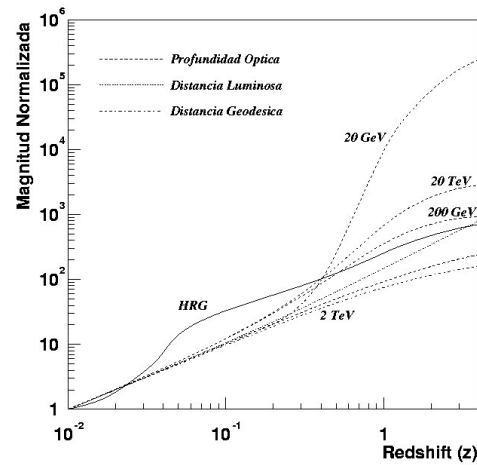


Figura 1. Dependencia de diferentes observables con el redshift. Las predicciones están normalizadas a su valor para $z=0.01$. La profundidad óptica está representada para diversas energías. La curva HRG es el inverso de la energía del HRG.

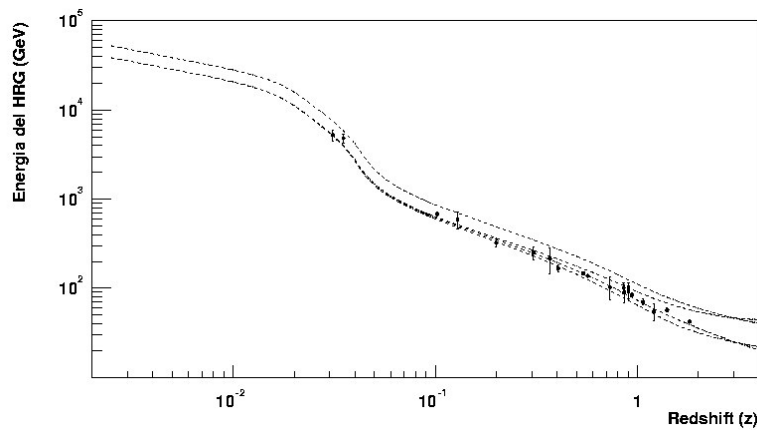


Figura 2. Determinación del HRG para 20 fuentes de EGRET con el error previsto. Las líneas representan la predicción del HRG para universos diferentes, variando las constantes cosmológicas aproximadamente un 20%.

III. CONCLUSIONES

MAGIC espera medir el espectro de un número elevado de fuentes extragalácticas, empezando por las 20 fuentes observadas por EGRET que menos tiempo de observación requieren. La determinación del HRG para estas fuentes permitirá determinar algunos parámetros cosmológicos con una precisión similar a la de los experimentos de supernovas 1A.

Referencias

¹ J.A. Barrio et al, MPI-PhE/98-5 (1998)

² F.W. Stecker and O.C. De Jager, Space Sci.Rev. 75, 401-412 (1996)