

# Observabilidad de efectos de Gravedad Cuántica con el Telescopio MAGIC

J. López<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de Física d'Altes Energies, Universidad Autònoma de Barcelona, Aportado 08193 Bellaterra

## I. INTRODUCCIÓN

Los telescopios Cherenkov de 'Imagining' (IACTs) han demostrado ser una de las técnicas más eficientes para la detección y el estudio de los rayos gamma cósmicos en el rango llamado de muy altas energía (por encima de centenares de GeV). Una primera generación de este tipo de telescopios ha establecido la técnica con la detección de una decena de fuentes astronómicas emisoras de rayos gamma en este rango de energías.

MAGIC<sup>1</sup> es un telescopio Cherenkov de nueva generación que ha introducido en su diseño todos los avances tecnológicos disponibles para conseguir el umbral en la energía de los rayos gamma detectados más bajo posible (alrededor de 30 GeV). Esto permitirá a MAGIC estudiar la ventana inexplorada en la energía que existe en la actualidad entre 30 GeV y 300 GeV.

Uno de los resultados más interesantes en física fundamental que ha producido la presente generación de telescopios Cherenkov es el límite, producido por la colaboración Whipple<sup>2</sup>, de la escala efectiva de la Gravedad Cuántica.

La idea básica detrás de esta medida es que los rayos gamma al atravesar distancias cosmológicas sufren el efecto de las fluctuaciones cuánticas del vacío gravitatorio que ineludiblemente aparecen en cualquier formulación que se haga de una teoría de la Gravedad Cuántica. Como efecto de esta polarización del vacío gravitatorio los rayos gamma sufren una dispersión en la energía, o dicho de otro modo, la velocidad de los rayos gamma en el vacío deja de ser la velocidad de la luz para depender de su energía.

Esta dependencia en la energía es el efecto en el que se basan los telescopios Cherenkov como MAGIC para la observación de efectos de Gravedad Cuántica ya que pueden observar la dependencia en la energía del tiempo de llegada de los rayos gamma de una fuente que se supone que los emite simultáneamente. Desde un punto de vista fenomenológico y aproximando a primer orden podemos expresar este retraso con la siguiente ecuación,

$$\Delta t \propto \frac{E}{E_{QG}} \frac{L}{c}$$

donde  $E_{QG}$  es la escala efectiva de la Gravedad Cuántica y  $L$  es la distancia que recorren los rayos gamma. Como podemos ver, si tenemos en cuenta que  $E_{QG}$  debe ser del orden de la masa de Planck, tanto las energías de los rayos gamma como las distancias que recorren estos deben ser muy grandes en caso contrario no sería posible medir los retrasos en el tiempo. Estas dos características hacen a los telescopios Cherenkov como MAGIC instrumentos muy interesantes para estudiar estos posibles efectos.

## II. MARCO FENOMENOLÓGICO

En la mayoría de los modelos sobre Gravedad Cuántica aparece de manera espontánea la necesidad de romper algunas de las simetrías que actualmente consideramos básicas en la naturaleza como es el caso de la Invarianza Lorenz<sup>3</sup>. En concreto la violación de esta simetría para energías muy altas es la responsable del retraso en el tiempo de llegada de las gammas que MAGIC quiere observar.

El estudio fenomenológico de estos modelos nos permite hacer una formulación sobre este efecto que es útil para el estudio de la escala de Gravedad Cuántica, ya que nos presenta de una manera sencilla y con pocos parámetros un número grande de teorías de gran complejidad. Los telescopios Cherenkov como MAGIC tienen un acceso restringido al espacio de parámetros de estos modelos<sup>4</sup> aunque tienen un papel importante ya que se tratan de uno de los pocos tipos de experimentos que pueden aportar datos en el campo de la Gravedad Cuántica.

## III. OBSERVABILIDAD DE QG CON MAGIC

Analizando la ecuación sobre el retraso en el tiempo de llegada de las gammas vemos con claridad que nos interesa observar los objetos más distantes posibles ya que esto nos permiten acceder a valores más elevados de la escala de la Gravedad Cuántica (para un rango de energías fijado como es el caso en los telescopios Cherenkov). O tener retrasos más importantes con la facilidad en la detección de este efecto que eso conlleva. Sin embargo debemos tener en cuenta otro efecto llamado el 'Horizonte de Rayos Gamma'<sup>5</sup> por el cual debido a la interacción de las gammas con el fondo de luz extra-galáctico estos son absorbidos. El efecto neto de este proceso es que los rayos gamma de muy alta energía sólo pueden ser vistos por fuentes que se encuentran a poca distancia y en cambio para fuentes muy lejanas sólo pueden ser observados rayos gamma de baja energía. Si analizamos de nuevo la ecuación de los tiempos de llegada vemos que estos dos efectos compiten entre sí de manera que ya no es tan obvio la idoneidad de observar objetos distantes.

## IV. CONCLUSIONES

Poniendo todos estos resultados conjuntamente podemos concluir que para poder llegar a cubrir escalas efectivas de la Gravedad Cuántica del orden de la masa de Planck debemos ser capaces de medir retrasos en el tiempo de llegada de los rayos gamma del orden de pocos segundos. Este valor es bastante independiente de la distancia de la fuente a la que miremos ya que los dos efectos que hemos discutido en el apartado anterior se compensan mutuamente.

### Referencias

<sup>1</sup> J. Barrio et al, 'The MAGIC Telescope', Max-Planck-Institute Report MPI-PHE/98-5

<sup>2</sup> S.D. Biller et al, Phys. Rev. Lett. 83 (1999) 2108

<sup>3</sup> S. Coleman, S.L. Glasow, Phys. Rev. B59 (1999) 116008

<sup>4</sup> O. Blanch et al, Astropart.Phys. 19 (2003) 245-252

<sup>5</sup> Ver contribución en estas jornadas de O. Blanch.