



Estudio del efecto de fotones oscuros en el flujo observado de la nebulosa del Cangrejo a TeV

Arlette Melo Galindo

Sergio Hernández Cadena, Rubén Alfaro Molina

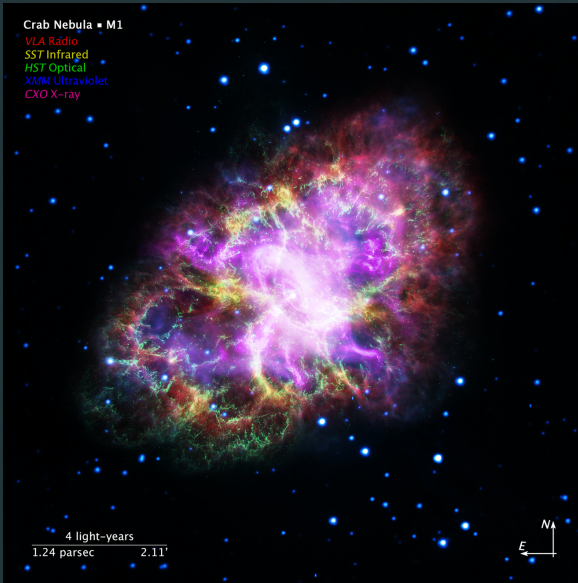
arlettemelo@estudiantes.fisica.unam.mx, skertzot@ciencias.unam.mx, ruben@fisica.unam.mx

Instituto de Física, UNAM

Motivación

Con observaciones de muy alta energía del espectro de fuentes galácticas es posible constreñir propiedades de candidatos ligeros a materia oscura fría como fotones oscuros.

Nebulosa del Cangrejo



Nebulosa del Cangrejo

- Edad: ~ 1000 años
- Constelación: Tauro
- Distancia: 2 kpc

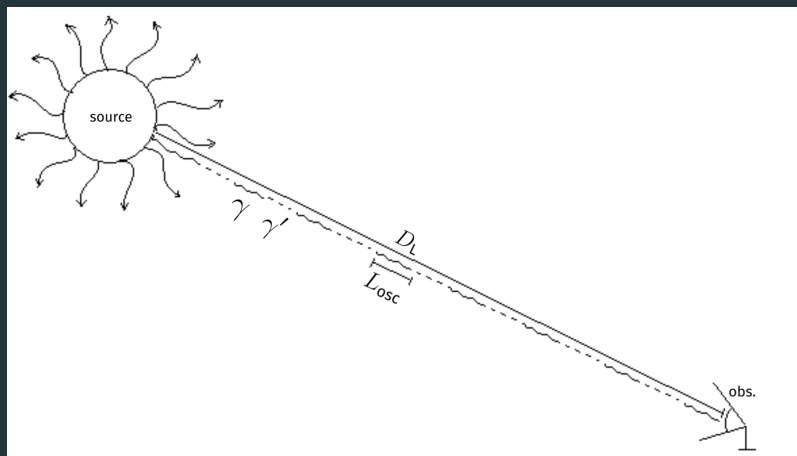
[NASA et al., 2017]

Fotones Oscuros

- Candidatos ligeros de materia oscura fría (CDM)。
- Rango de masas: 10^{-12} eV - 1 GeV。
- Interacciones: Acoplamiento con fotones del modelo estándar (*kinetic mixing*)。

Conversiones

Conversión entre fotones y fotones oscuros



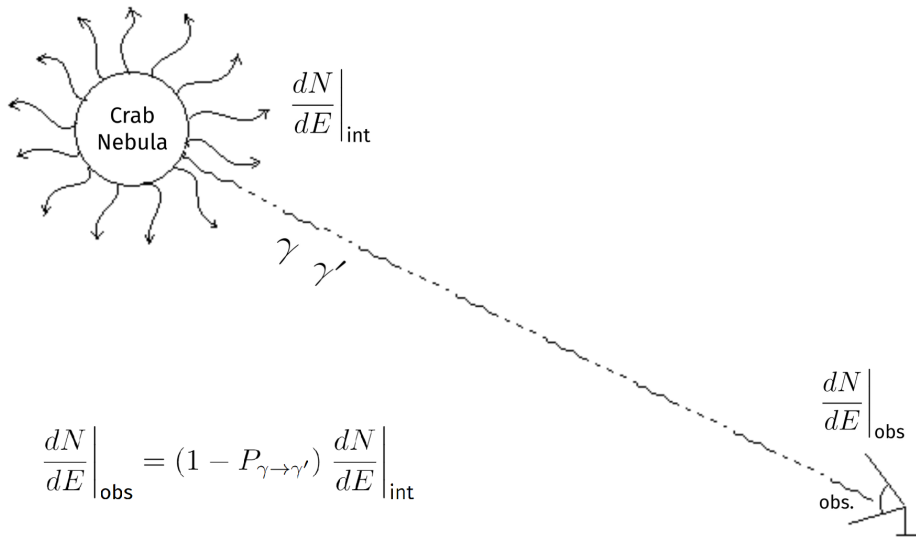
Probabilidad de conversión

$$P_{\gamma \rightarrow \gamma'}(E) = \sin^2(2\chi) \sin^2\left(\frac{\mu^2}{4E} D_L\right) \quad (1)$$

Longitud de oscilación

$$L_{osc} = \frac{4\pi E}{\mu^2} \simeq 8 \left(\frac{E}{1\text{TeV}}\right) \left(\frac{\mu}{10^{-7}\text{eV}}\right)^{-2} \text{kpc} \quad (2)$$

Método



Comparación de modelos

Ajustando via Joint-Likelihood

1. Log-Parábola

$$\frac{dN}{dE} = \phi_0 \left(\frac{E}{E_{\text{pivote}}} \right)^{-\alpha - \beta \ln \left(\frac{E}{E_{\text{pivote}}} \right)} \quad (3)$$

2. Considerando Conversiones

$$\left. \frac{dN}{dE} \right|_{\gamma \rightarrow \gamma'} = \left[\phi_0 \left(\frac{E}{E_{\text{pivote}}} \right)^{-\alpha - \beta \ln \left(\frac{E}{E_{\text{pivote}}} \right)} \right] \cdot \left(1 - P_{\gamma \rightarrow \gamma'}(\chi; \mu) \right) \quad (4)$$

Test Statistic

$$TS = -2 \ln \left(\frac{\mathcal{L}_{\hat{\mu}_1}(\phi_0, \alpha, \beta)}{\mathcal{L}_{\hat{\mu}_2}(\phi_0, \alpha, \beta, \chi)} \right) \quad (5)$$

Criterio

$$\Delta TS = 2.71$$

Comparación de modelos

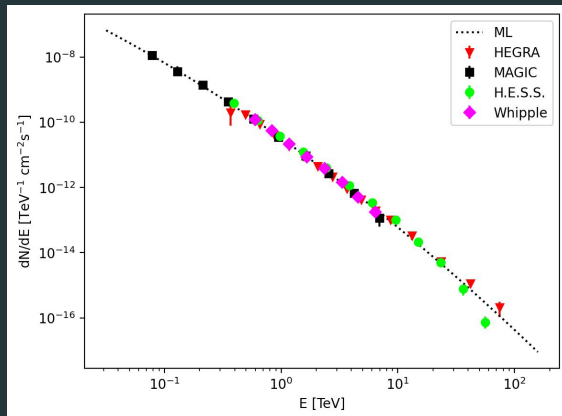
Valores Estimados ML

- $\phi(10^{13}\text{TeV cm}^2 \text{s})^{-1} = 1.604 \pm 0.008$
- $\alpha = 2.88 \pm 0.02$
- $\beta = 0.090 \pm 0.004$

Valores Estimados ML (HAWC)

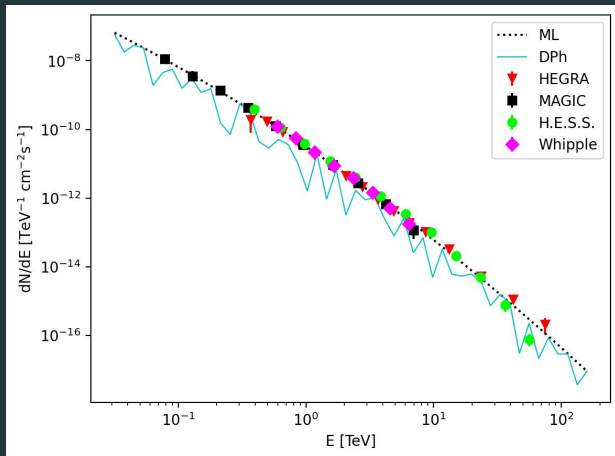
- $\phi(10^{13}\text{TeV cm}^2 \text{s})^{-1} = 2.35 \pm 0.04$
- $\alpha = 2.79 \pm 0.02$
- $\beta = 0.10 \pm 0.01$

[HAWC, 2019]



[Zechlin et al., 2008]

Comparación de modelos



Parámetros

$$\log\left(\frac{\phi}{(\text{TeV cm}^2 \text{s})^{-1}}\right) = -10.50$$

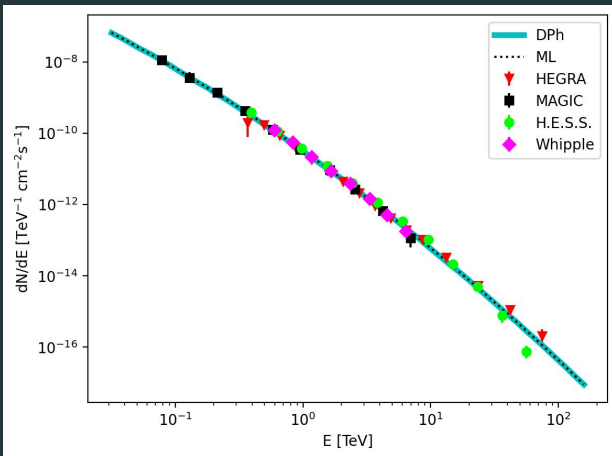
$$\alpha = 2.52$$

$$\beta = 0.09$$

$$\chi = 0.9$$

$$\mu = 10^{-6} \text{ eV}$$

Comparación de modelos



Parámetros

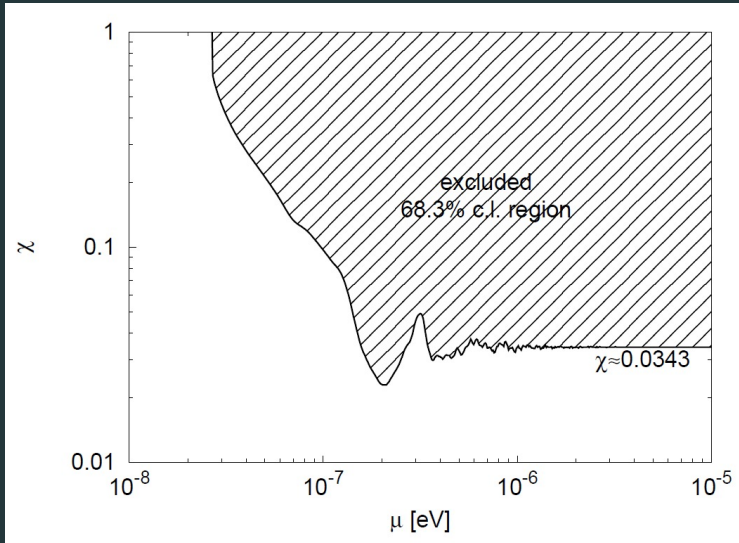
$$\log\left(\frac{\phi}{(\text{TeV cm}^2 \text{s})^{-1}}\right) = -10.50$$

$$\alpha = 2.52$$

$$\beta = 0.09$$

$$\chi = 0.1$$

$$\mu = 2 \times 10^{-8} \text{ eV}$$



[Zechlin et al., 2008]

Conclusiones y trabajo a futuro




Conclusiones

1. Si los fotones oscuros existen, se pueden encontrar cotas a χ 。
2. Datos por arriba de 10TeV se ajustan a Log-Parabola。
3. Se utilizan datos de la Nebulosa del Cangrejo, pero existen más fuentes galácticas。

Actividades

1. Actualizar y ampliar datos (HAWC, LHAASO, VERITAS)。
2. Realizar ajuste。
 - Método: $\chi^2 \rightarrow$ JML
 - Modelo: Power-Law \rightarrow Log-Parabola
3. Utilizar otras fuentes。

Gracias!

-  HAWC (2019).
Measurement of the crab nebula spectrum past 100 tev with hawc.
The Astrophysical Journal, 881(2):134.
-  NASA, ESA, Dubner, G., Loll, A., Temim, T., Seward, F., VLA/NRAO/AUI/NSF, Chandra/CXC, Spitzer/JPL-Caltech, XMM-Newton/ESA, and Hubble/STScI (2017).
Multiwavelength crab nebula.
-  Zechlin, H.-S., Horns, D., and Redondo, J. (2008).
New constraints on hidden photons using very high energy gamma-rays from the crab nebula.
AIP Conference Proceedings, 1085(1):727–730.