

Detectando Materia Oscura por medio de Neutrinos

Ponente: Luis Salvador Miranda Palacios (The Chinese University of Hong Kong - CUHK)

En Colaboración con:
Suzan Basegmez du Pree (Nikhef)
Kenny C. Y. Ng (CUHK)
Andrew Cheek (Astrocent)
Chiara Arina (Louvain)



Evento: Más allá del Modelo Estándar y Astropartículas, IF, UNAM
16 de Marzo del 2023

Introducción:

Nosotros presentamos la sensibilidad de la aniquilación de materia oscura a neutrinos (WIMPS) para el arreglo completo del KM3NeT, y las implicaciones de este estudio es analizado para pequeños modelos de materia oscura selecta.

Señales de materia oscura en telescopios de neutrinos

$$\frac{dF_\nu}{dE} = \int d\Omega \frac{dI_\nu}{dE} = \frac{\langle \sigma v \rangle}{8\pi m_\chi^2} \frac{dN_\nu}{dE} \int d\Omega \int_0^{l_{max}} \rho_\chi^2[r(l)] dl$$

donde:

Yuksel et al. Phys.Rev.D 76 (2007) 123506

$$r = \sqrt{R_\oplus^2 + l^2 - 2R_\oplus l \cos\psi}$$

$$R_\oplus = 8.5 \text{ kpc}$$

$$l_{max} = R_\oplus \cos\psi + \sqrt{R_{vir}^2 - R_\oplus^2 \sin^2\psi}$$

$$R_{vir} \approx 200 \text{ kpc}$$

Nosotros consideramos el perfil Navarro-Frenk-White (NFW):

$$\rho_\chi(r) = \frac{\rho_S}{(r/r_S)(1+r/r_S)^2}$$

$$r_S = 20 \text{ kpc}$$

$$\rho_\chi(R_\oplus) = 0.4 \text{ GeV cm}^{-3}$$

Incluyendo los flujos de PPC4DMID $m_\chi < 1 \text{ TeV}$

HDM Spectra $m_\chi > 1 \text{ TeV}$

$$\chi\chi \longrightarrow \nu\bar{\nu}$$

$$\frac{dN_\nu}{dE} = 2\delta(m_\chi - E_\nu)$$

Ibarra et al. JCAP 07 (2012) 043

$$\chi\chi \longrightarrow YY \longrightarrow 2\nu 2\bar{\nu}$$

$$\frac{dN_\nu}{dE} = \frac{4H(m_\chi - E_\nu)}{m_\chi}$$

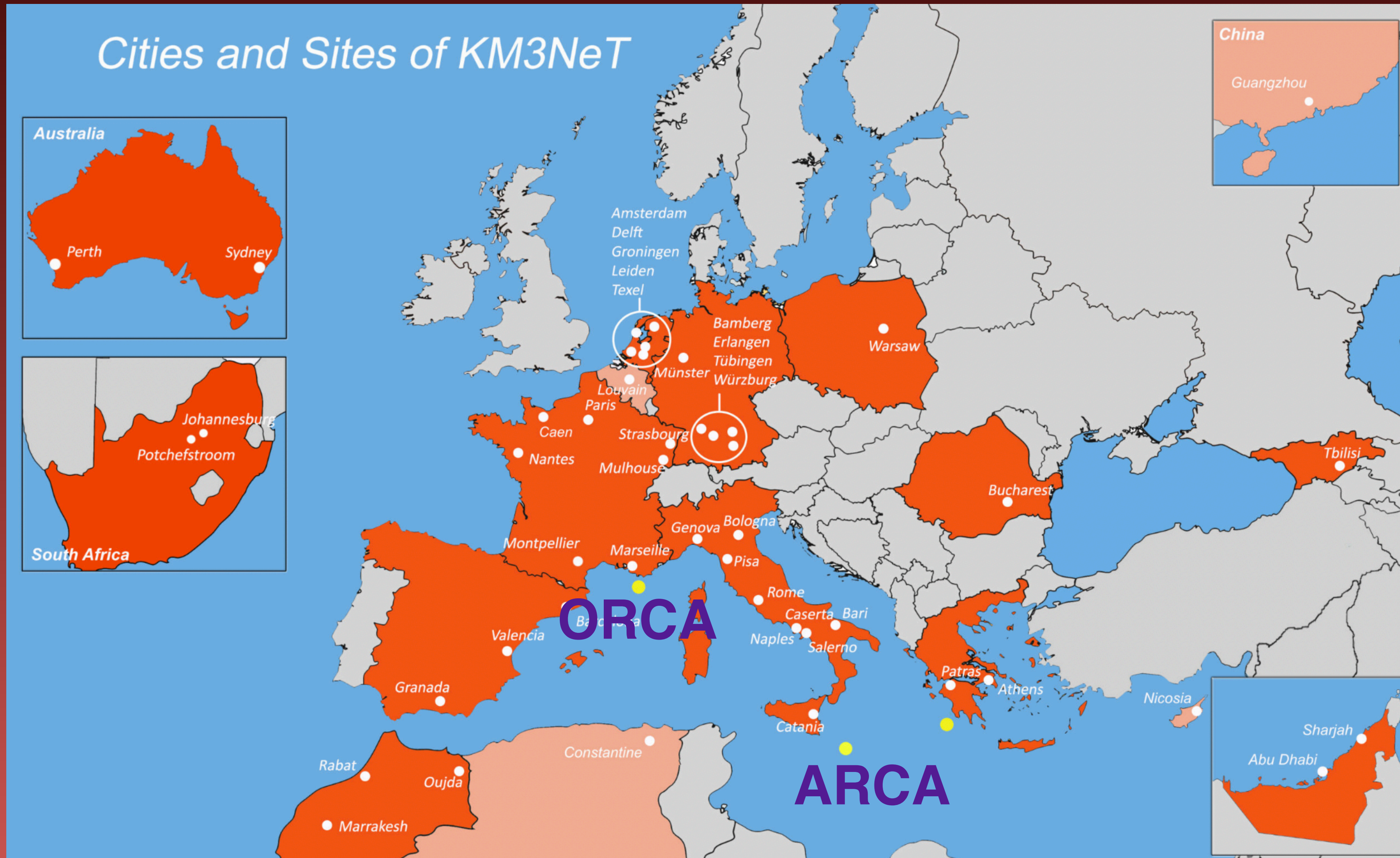
Para el número de eventos

$$n_{ij} = T_{eff} \int_i dE_\nu \int_j vis(\Omega) d\Omega \frac{dI_\nu}{dE} A_{eff} \left\langle e^{-\tau(E_\nu, \Omega)} \right\rangle$$

Con la ayuda de Healpix y Astropy (Python)

El background consiste en los neutrinos atmosféricos y los neutrinos astrofísicos

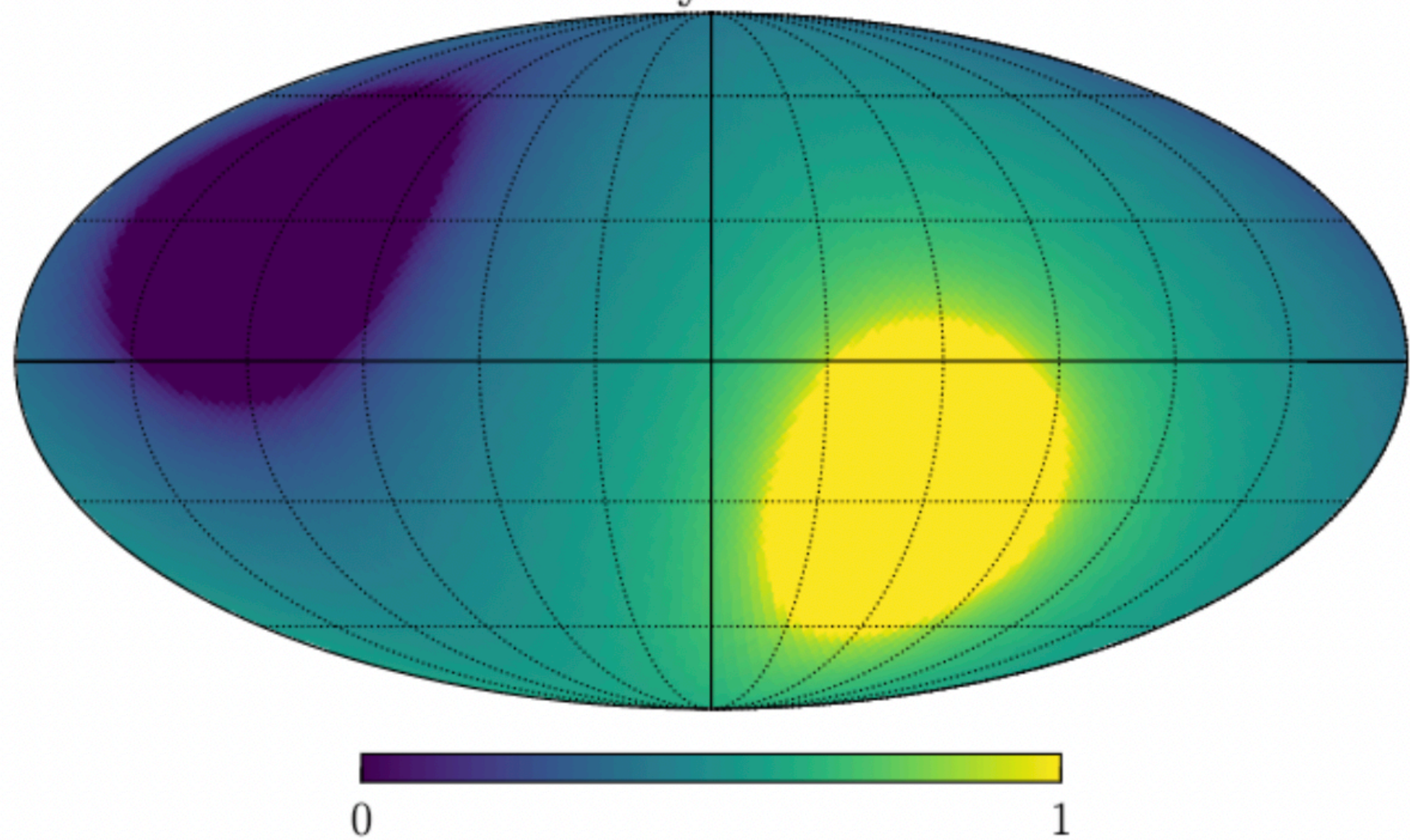
ORCA y ARCA (KM3NeT)



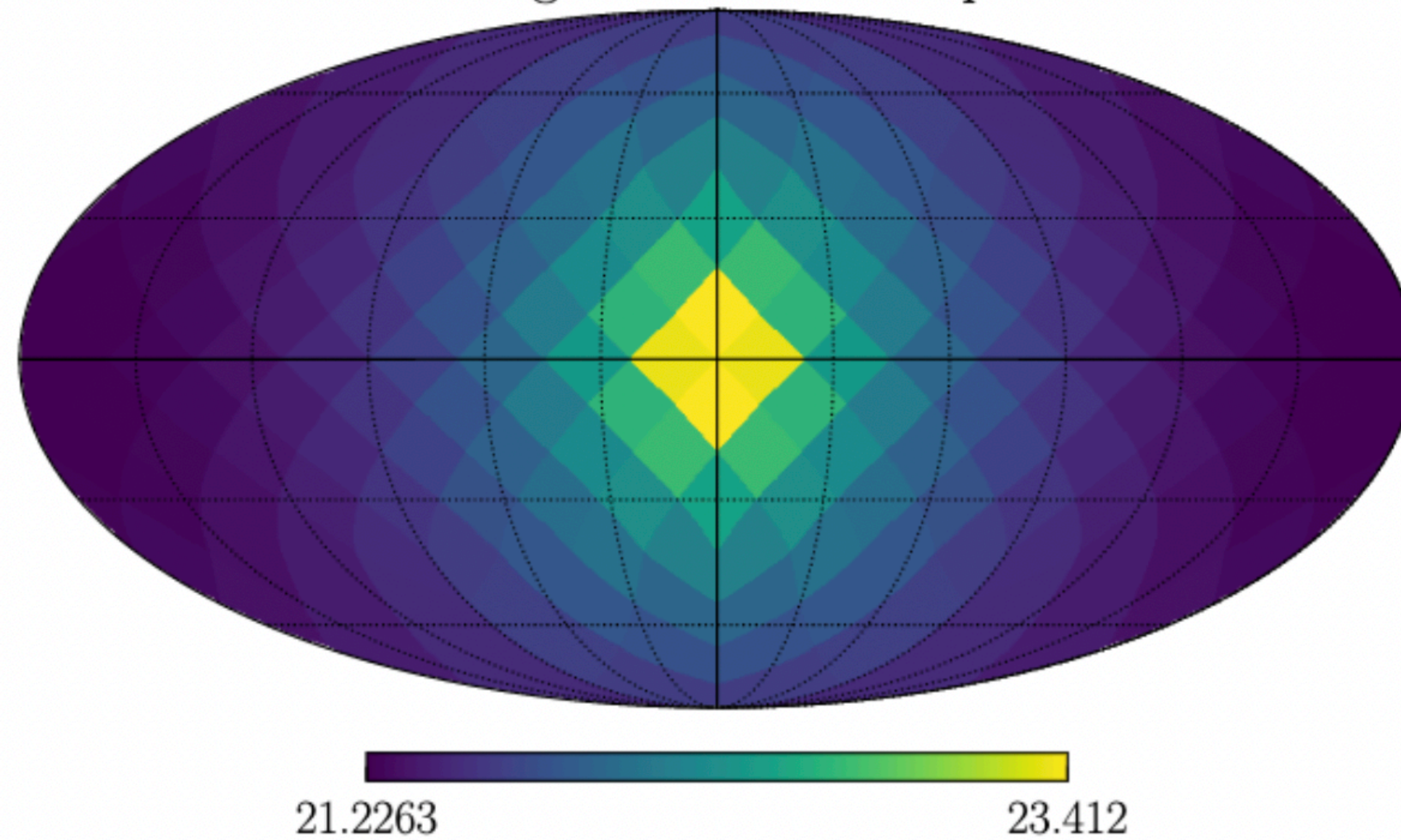
$$\left(\frac{dN}{dE}\right)_\beta = \sum_\alpha \left(\frac{dN}{dE}\right)_\alpha^{src} P_{\alpha\beta}$$



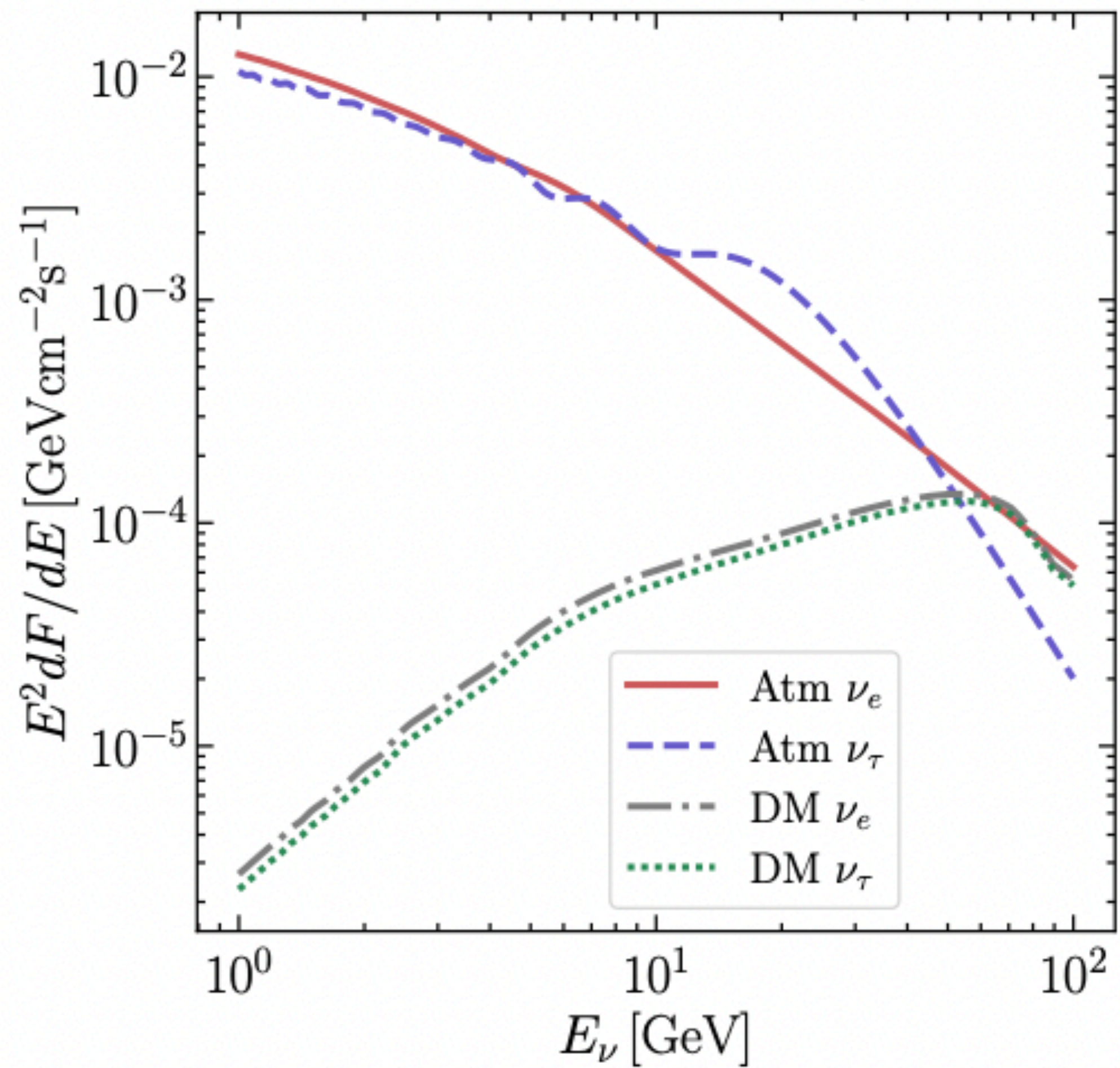
Visibility Function



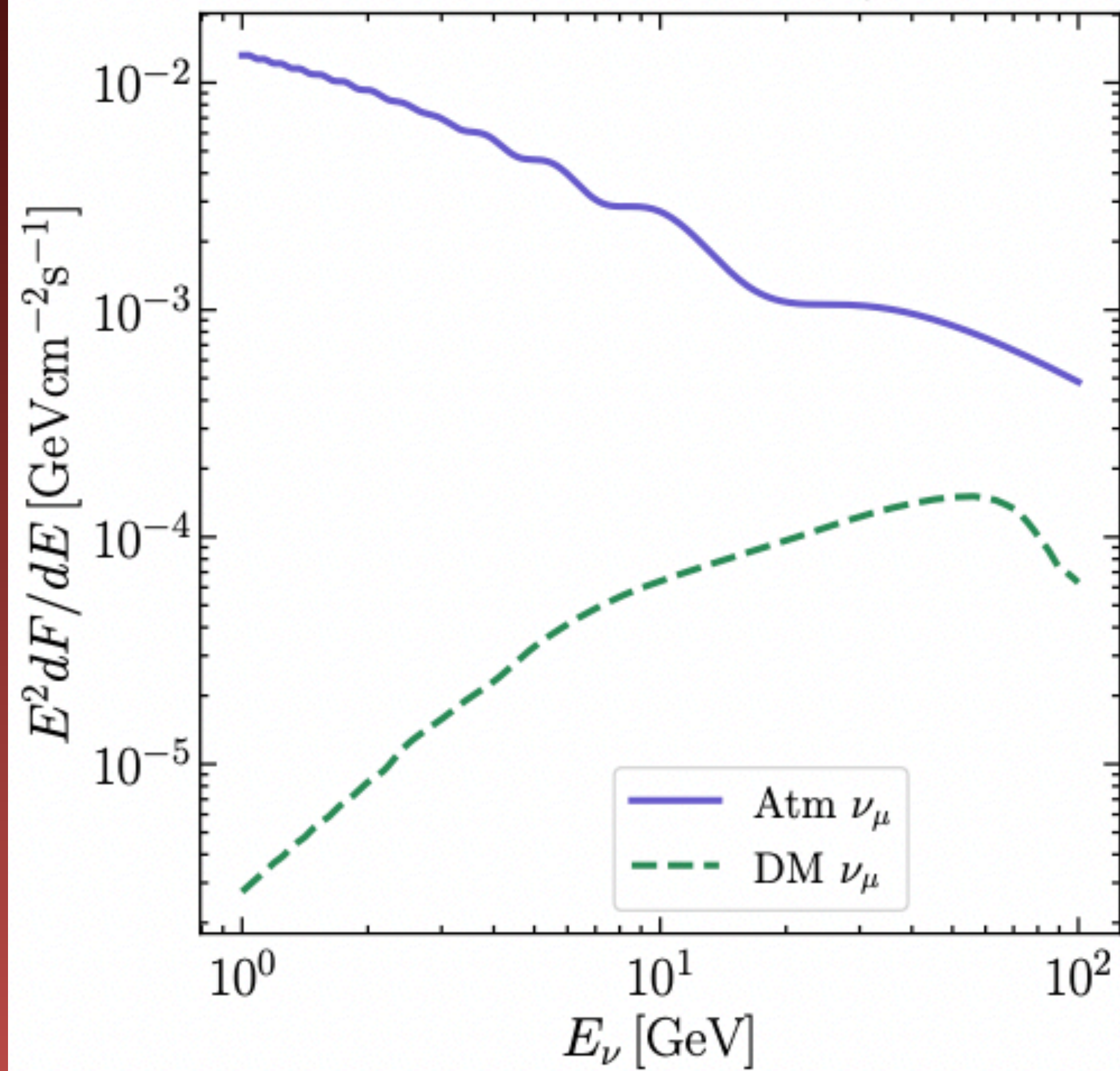
Integrated J-factor Map

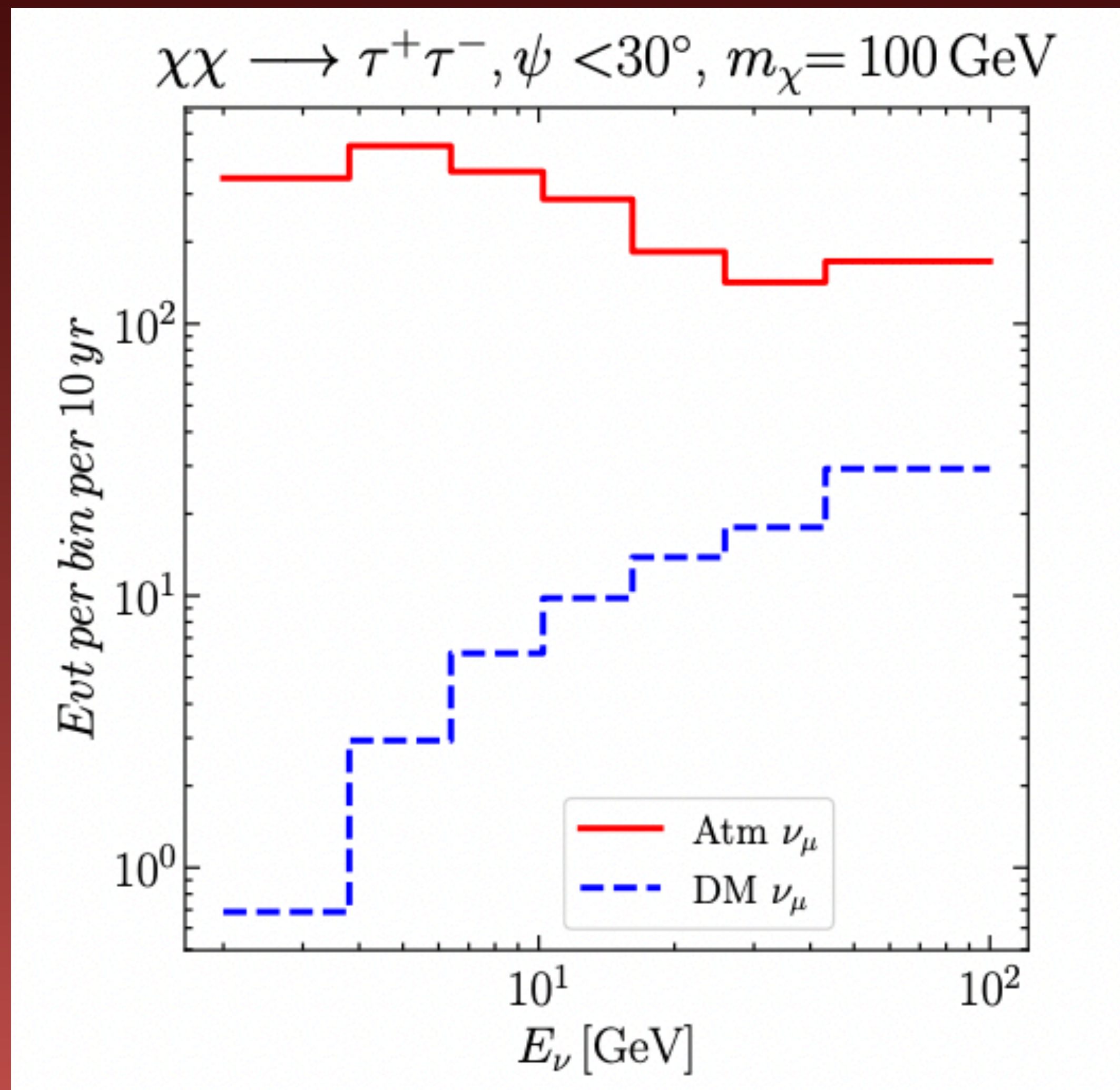
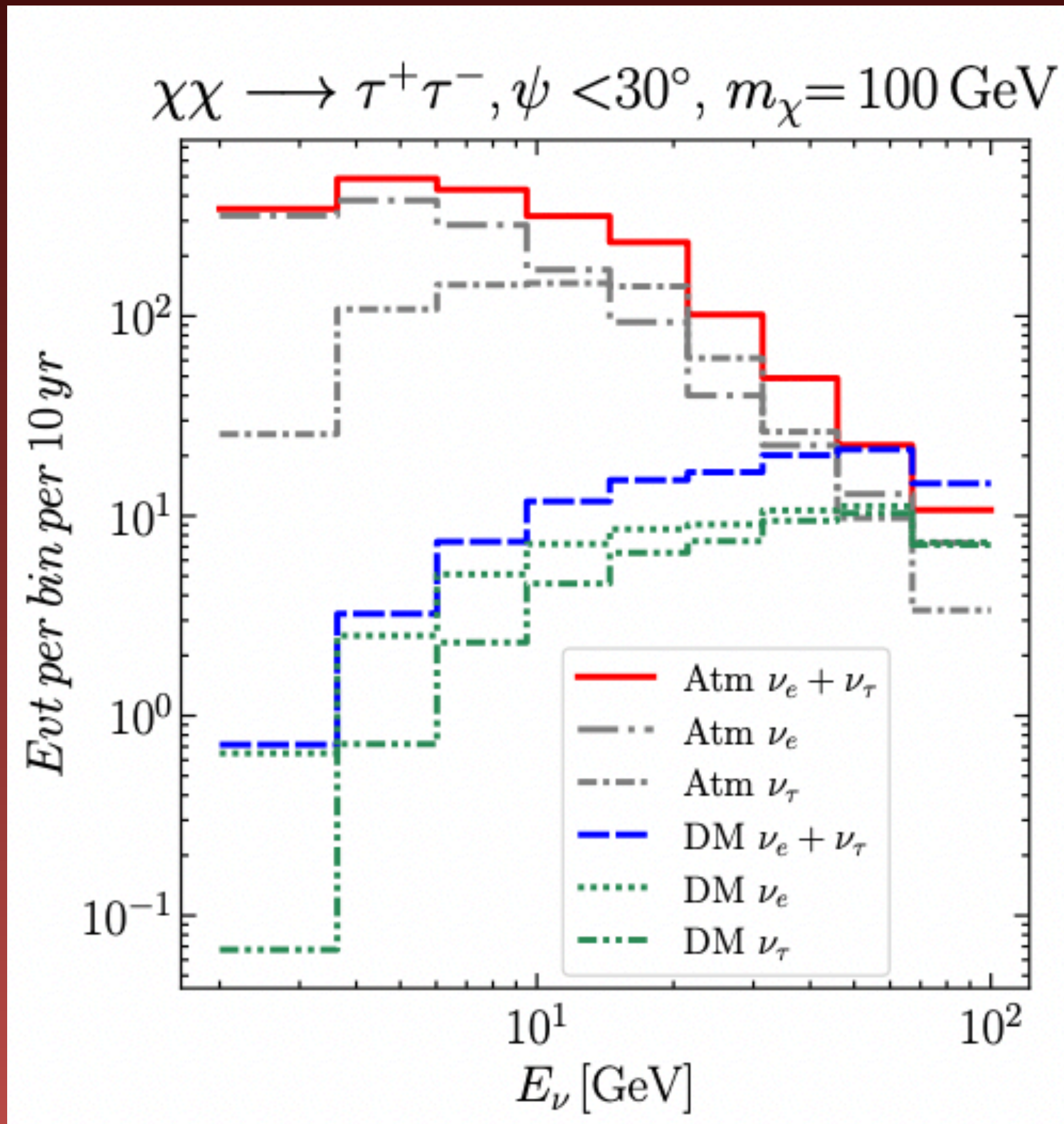


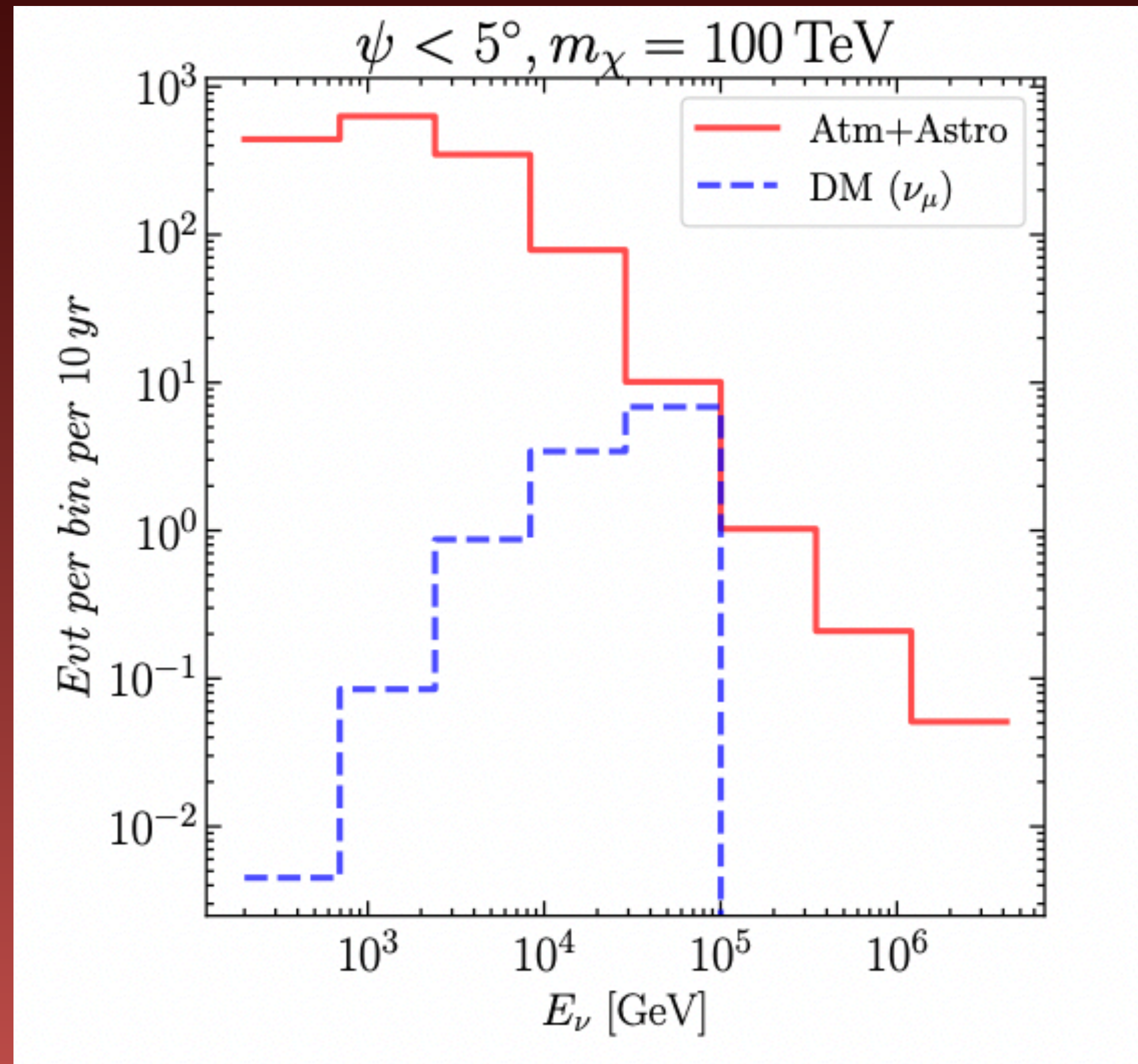
$\chi\chi \longrightarrow \tau^+\tau^-, \psi < 30^\circ, m_\chi = 100 \text{ GeV}$



$\chi\chi \longrightarrow \tau^+\tau^-, \psi < 30^\circ, m_\chi = 100 \text{ GeV}$







Maximum Likelihood ratio analysis

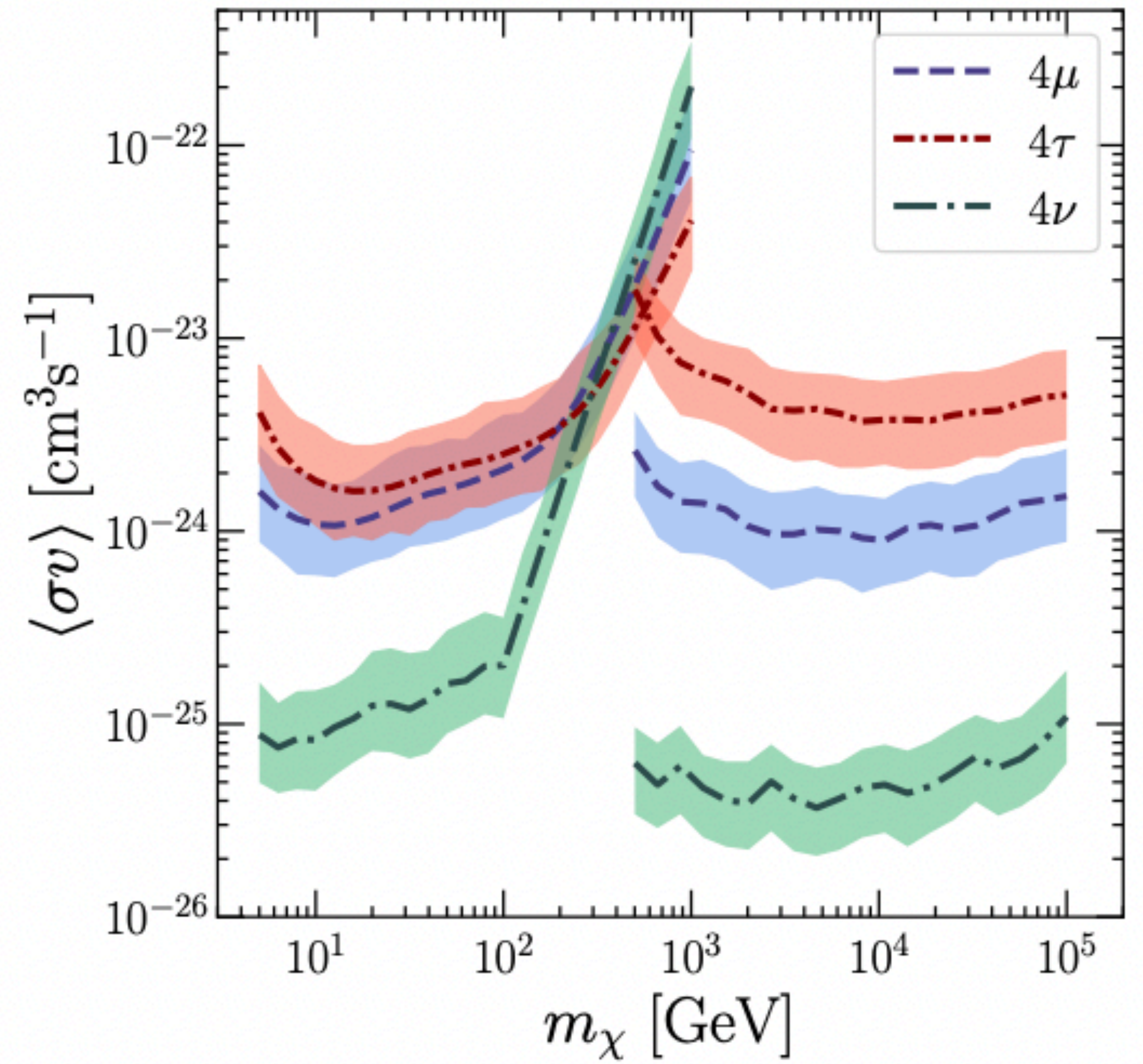
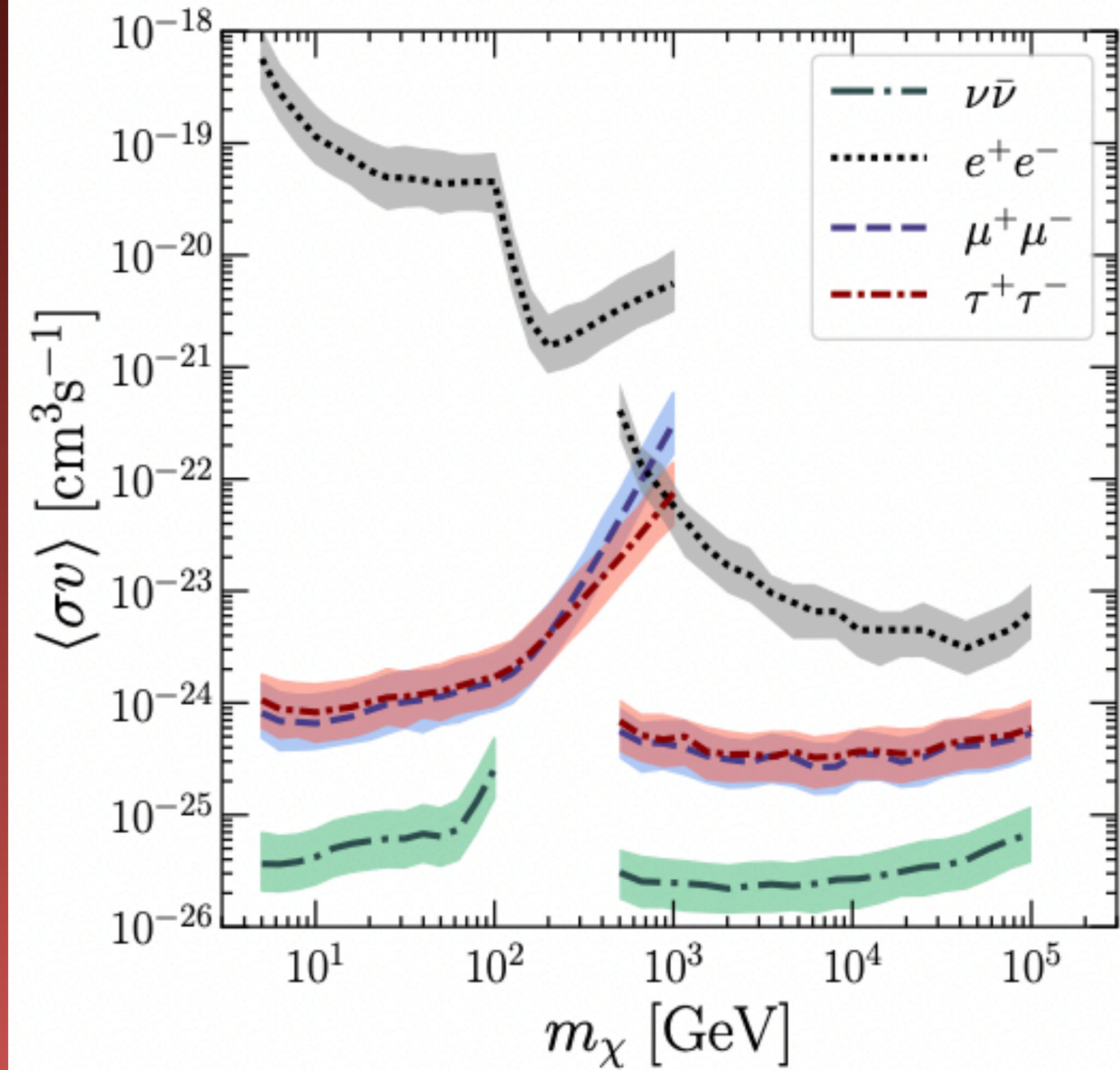
$$L(\langle\sigma v\rangle) = \prod_{ij} \left[\frac{\mu_{ij}^{n_{ij}} e^{-\mu_{ij}}}{n_{ij}!} \right]$$

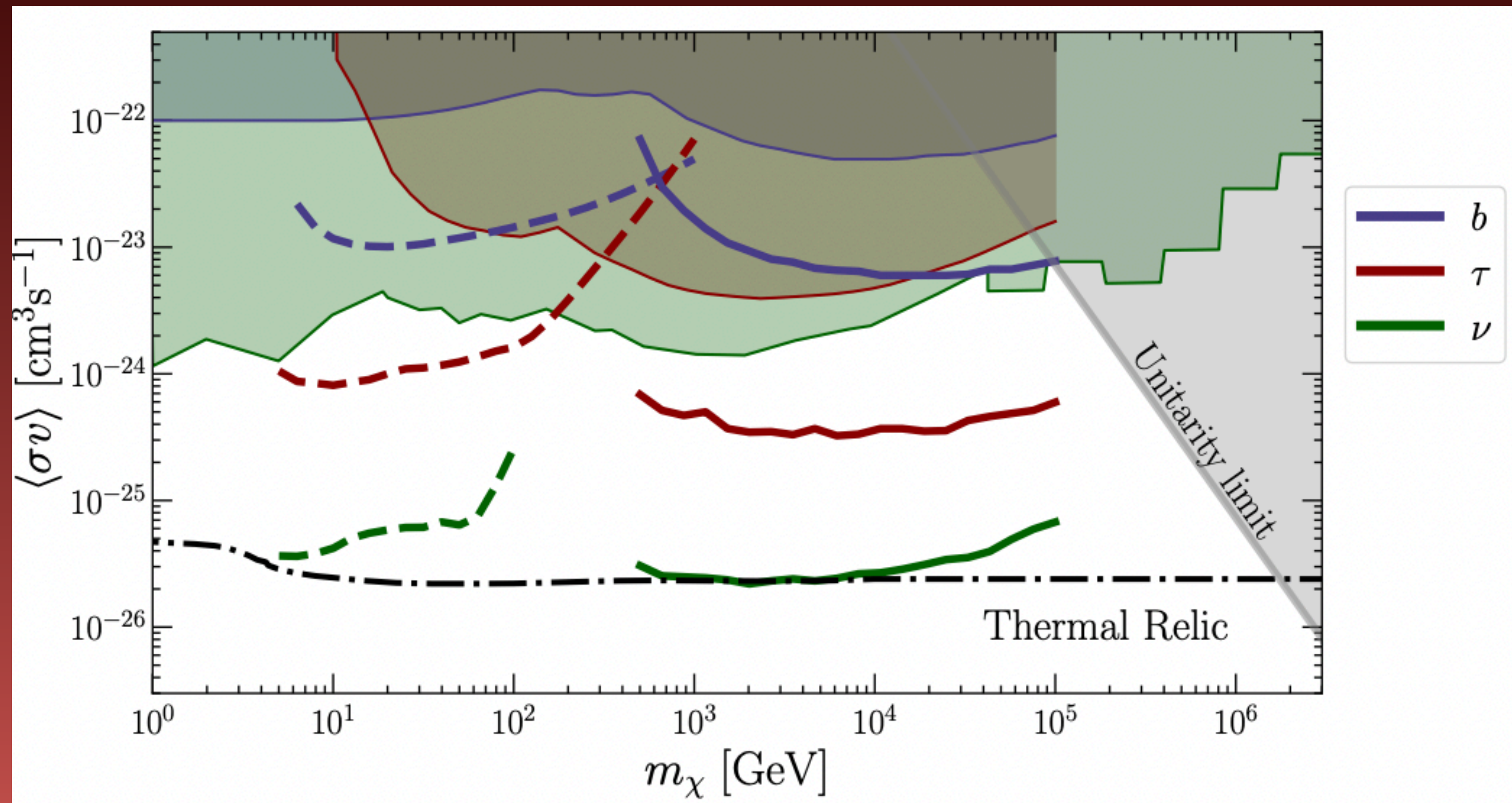
Donde el número de eventos incluye el background y el número esperado de eventos background más signal.

El Confidence level a 95% de un lado con una variable toma el limite $TS = 2.71$, para los diferentes canales de aniquilación

$$TS(\langle\sigma v\rangle) = -2 \ln \left[\frac{L(\langle\sigma v\rangle)}{L(0)} \right]$$

Resultados





Implicaciones para modelos de materia oscura simple

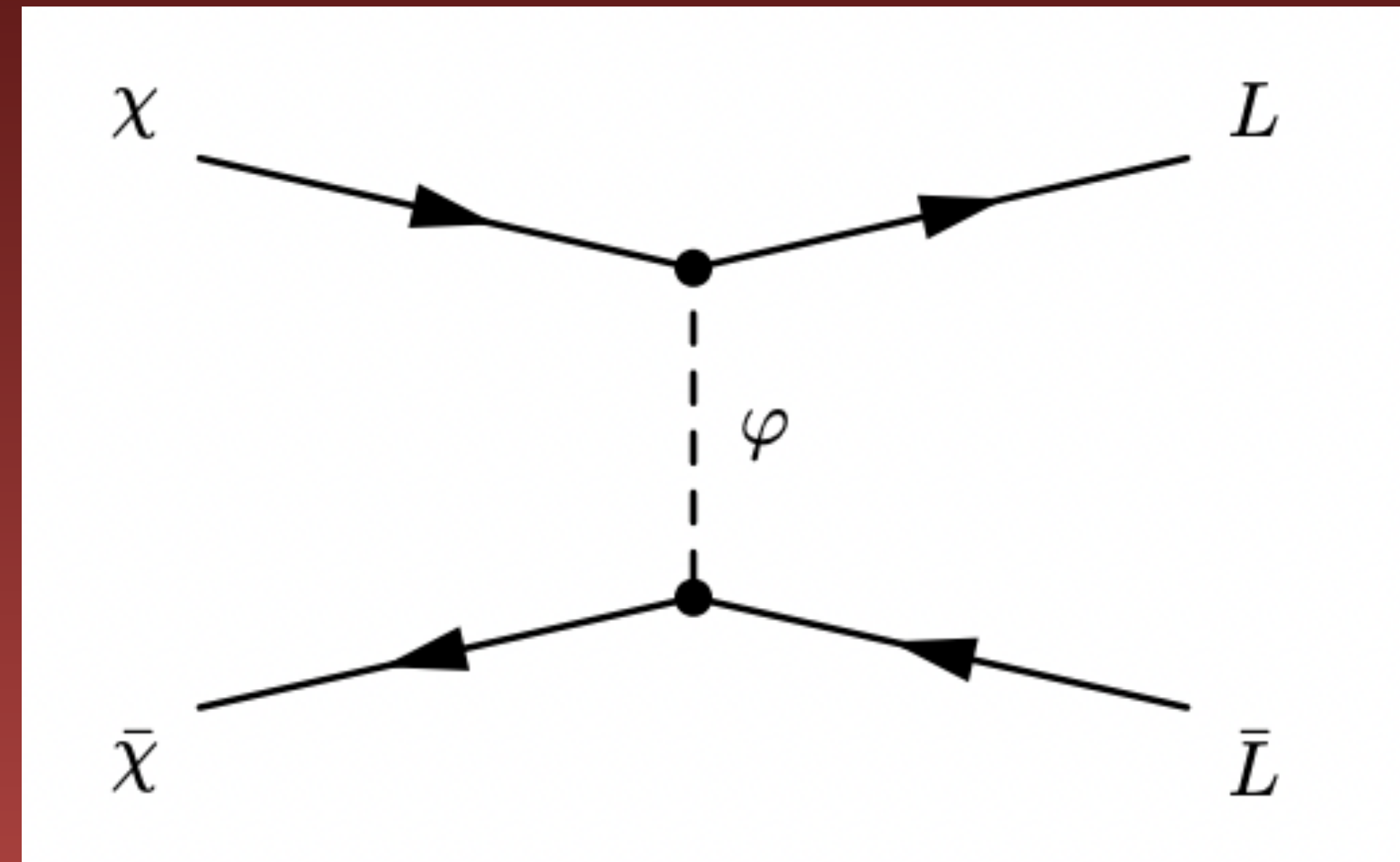
Basegmez du Pree et al. JCAP 05(2021) 054

a) Scalar mediator case:

$$\mathcal{L}^\varphi = y_\alpha \bar{\chi} L_\alpha \phi^\dagger + h.c.$$

El modelo tiene 3 parámetros:

$$\{m_\chi, m_\varphi, y_\tau\}$$



b) Gauged $U(1)_{L_\mu - L_\tau}$

$$\mathcal{L} = g_\chi \bar{\chi} \gamma_\alpha \chi Z'^\alpha + g_{\mu-\tau} (\bar{\mu}_R \gamma_\alpha \mu_R Z'^\alpha - \bar{\tau}_R \gamma_\alpha \tau_R Z'^\alpha + \bar{L} \gamma_\alpha L_\mu Z'^\alpha - L_\tau \gamma_\alpha L_\tau Z'^\alpha)$$

Parametros:

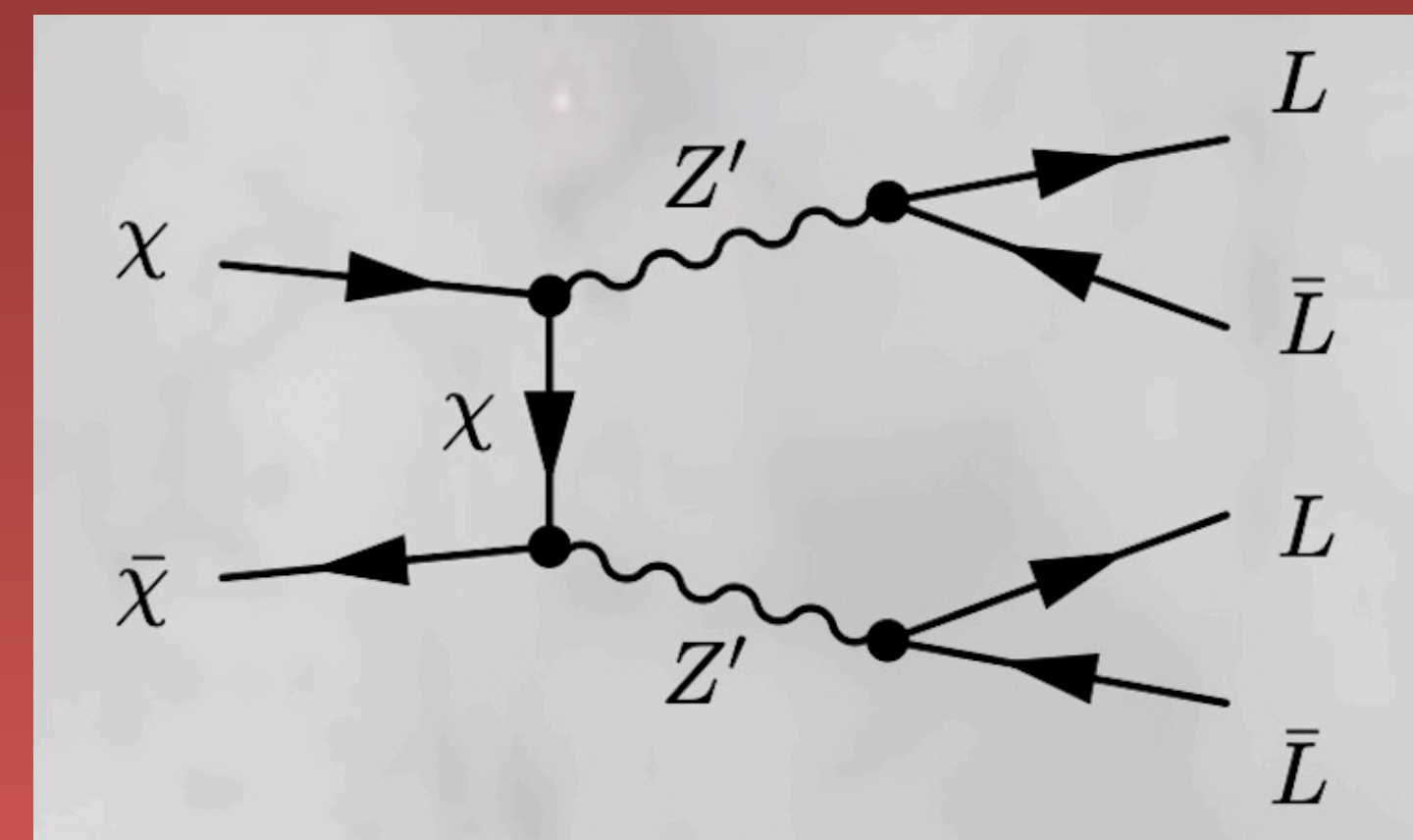
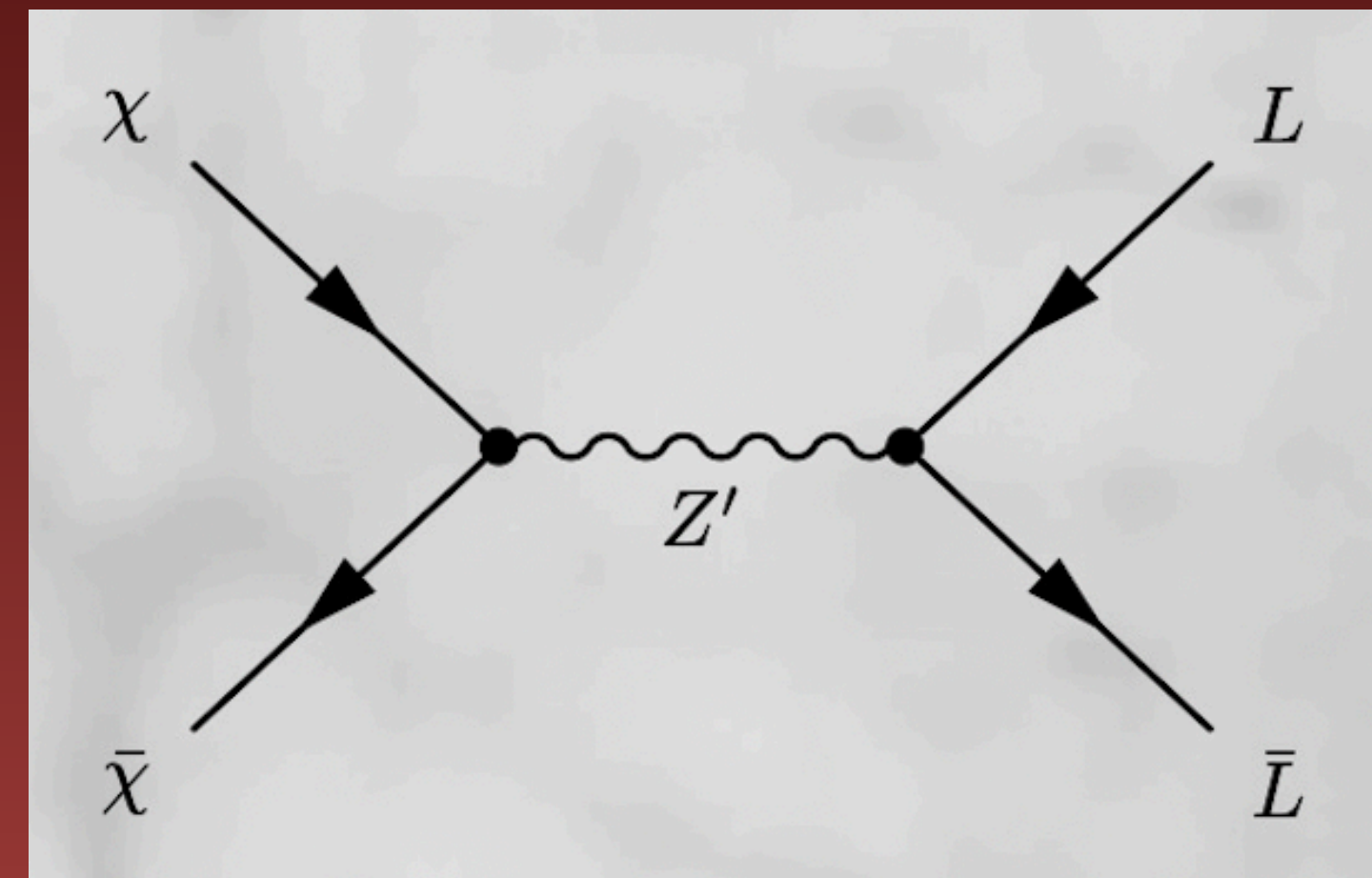
$$\{m_\chi, m_{Z'}, g_\chi, g_{\mu-\tau}\}$$

Casos:

$$g_\chi \sim g_{\mu-\tau} \sim 1$$

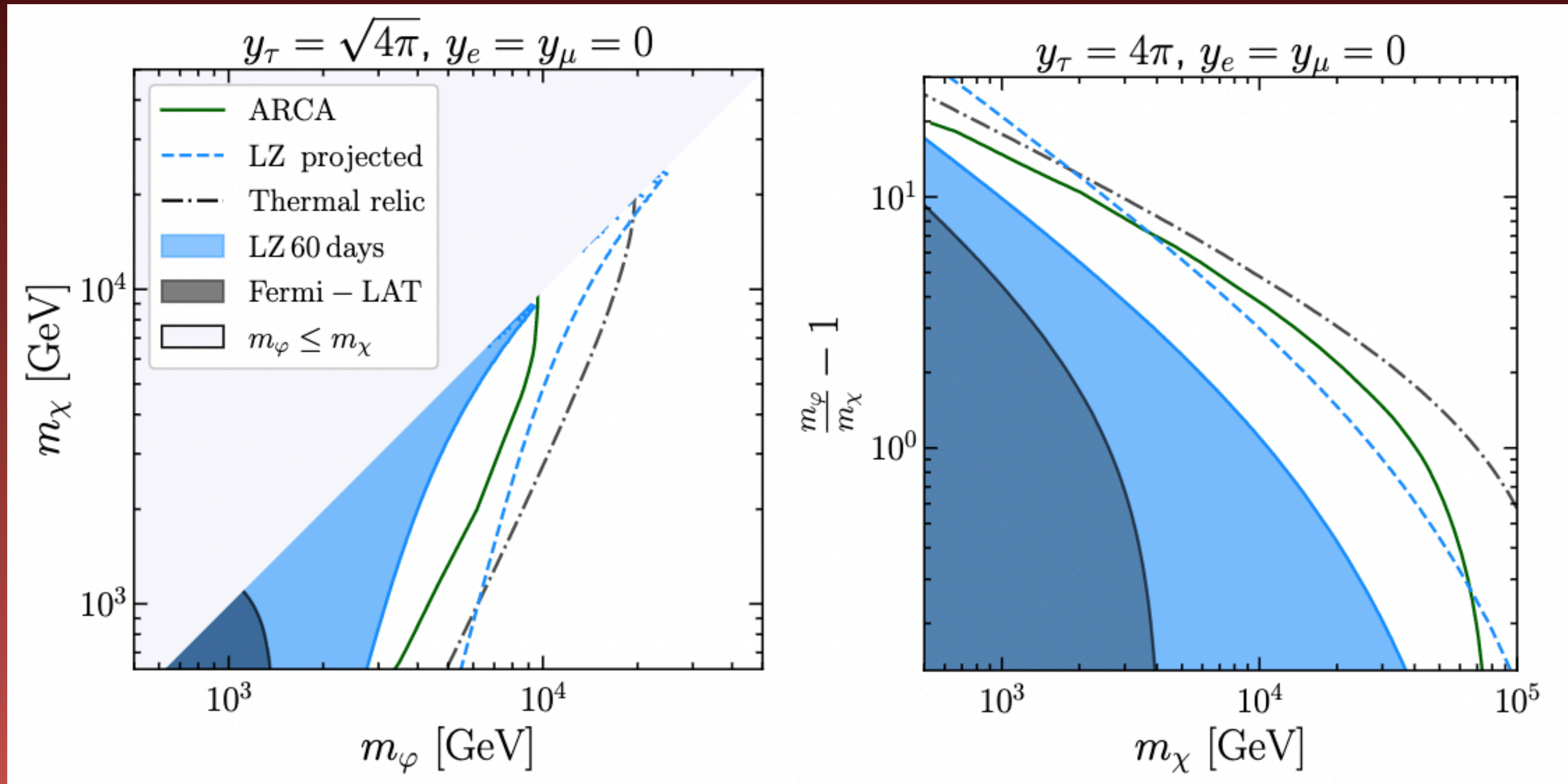
$$g_\chi \gg g_{\mu-\tau}$$

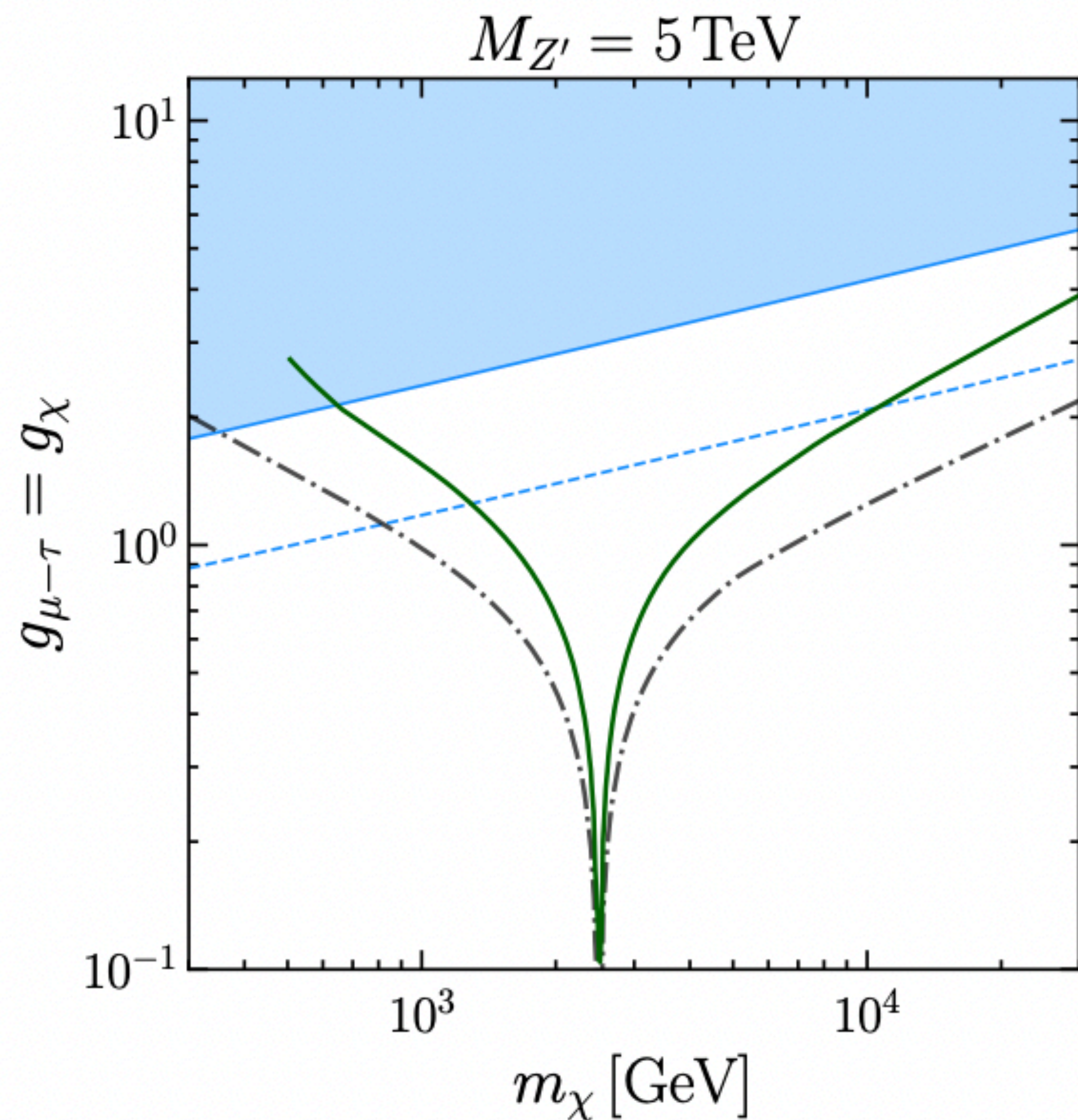
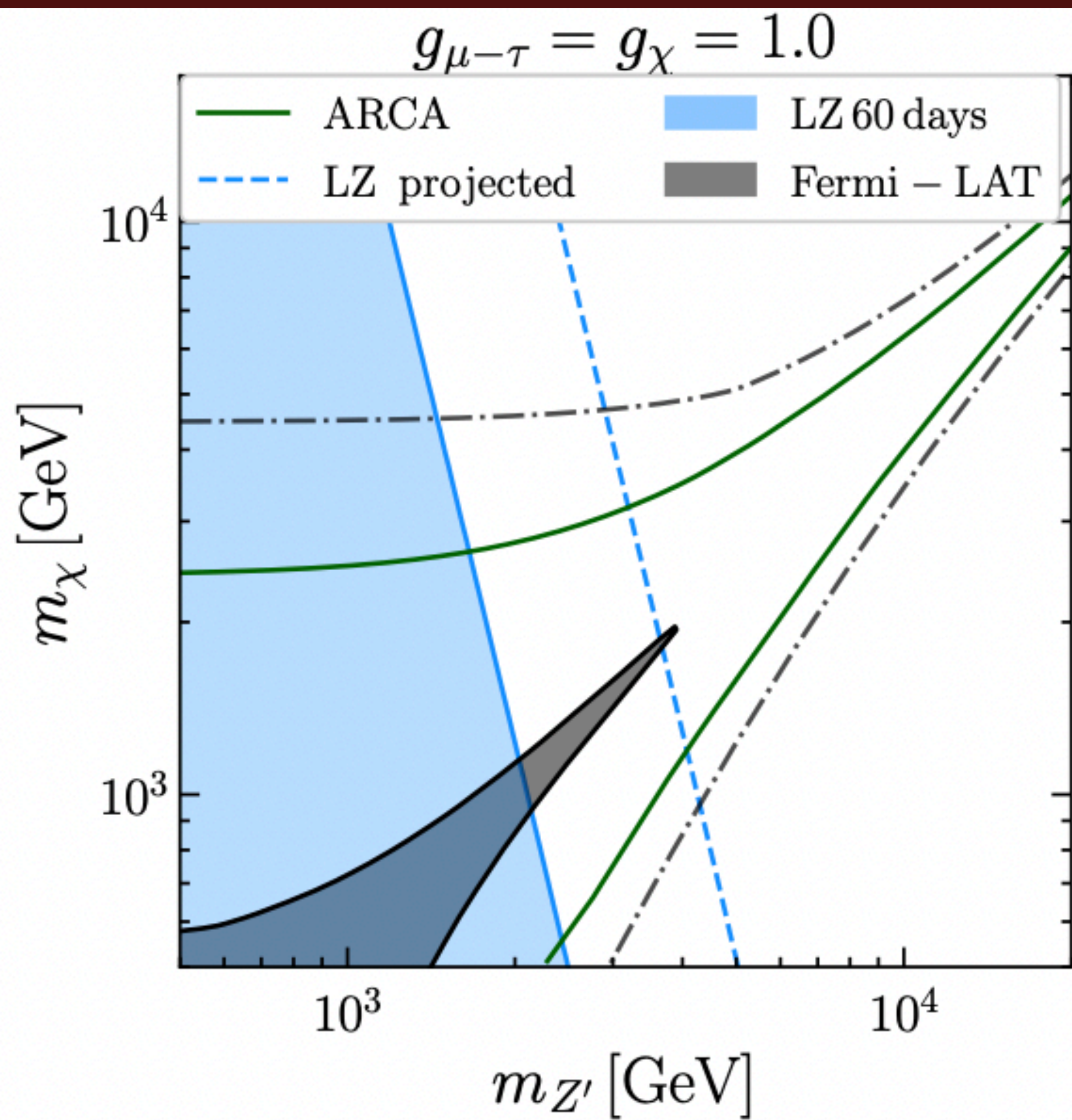
Secluded case

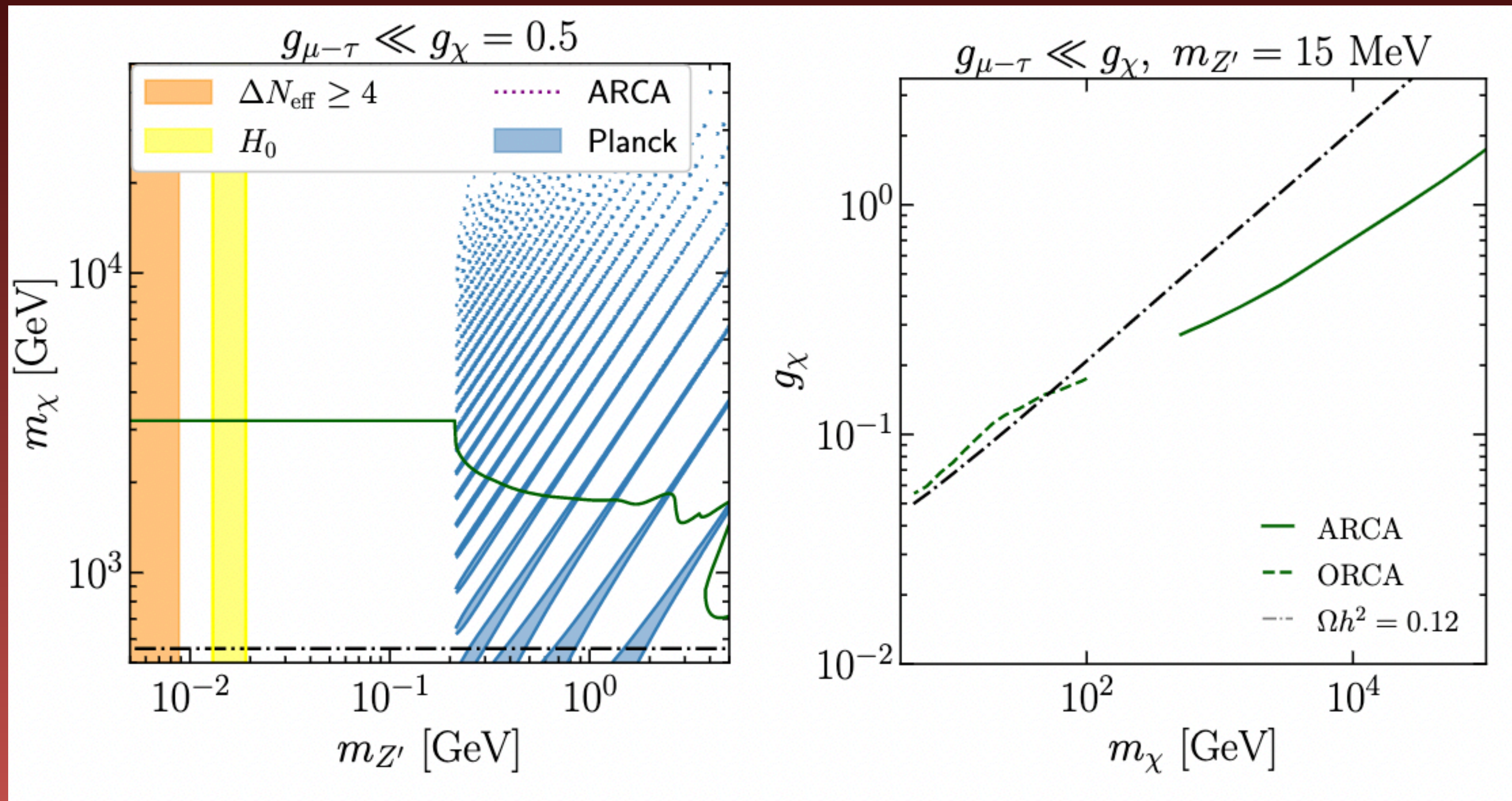


Resultados: Usando MadDM tool

Ambrogi et al. Physics of the dark Universe 24 (2019) 100249







Conclusiones:

1. El perfil de materia oscura es el mayor factor de incertidumbre en el cálculo
2. Se ha estudiado la masa de materia oscura en el rango de 5 GeV a 105 GeV, y los canales más óptimos a 2 y 4 leptones para KM3NeT.
3. Telescopios de neutrinos serán capaces de probar el espacio de parámetros de materia oscura (WIMPS).
4. Nosotros hemos seleccionado modelos sencillos en los cuáles la materia oscura se aniquila via el modo s

Referencia: [2212.09795](#)

GRACIAS !!!

