



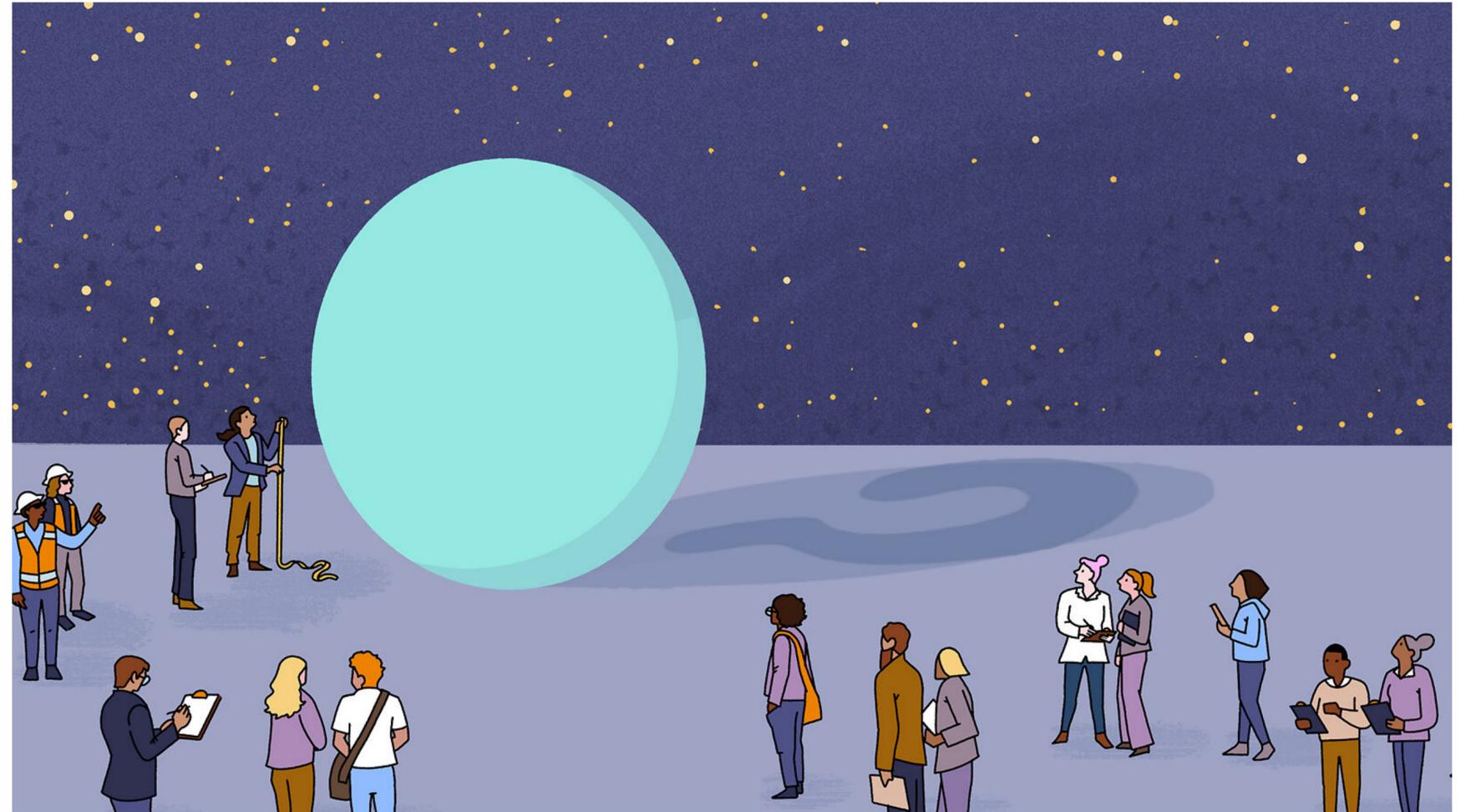
Texturas de Dos Cerros para Neutrinos de Dirac



Rolando Martínez Ramírez

Contenido

- Motivación e Introducción
- Enfoque General
- Resultados
- Conclusiones
- Perspectivas Futuras

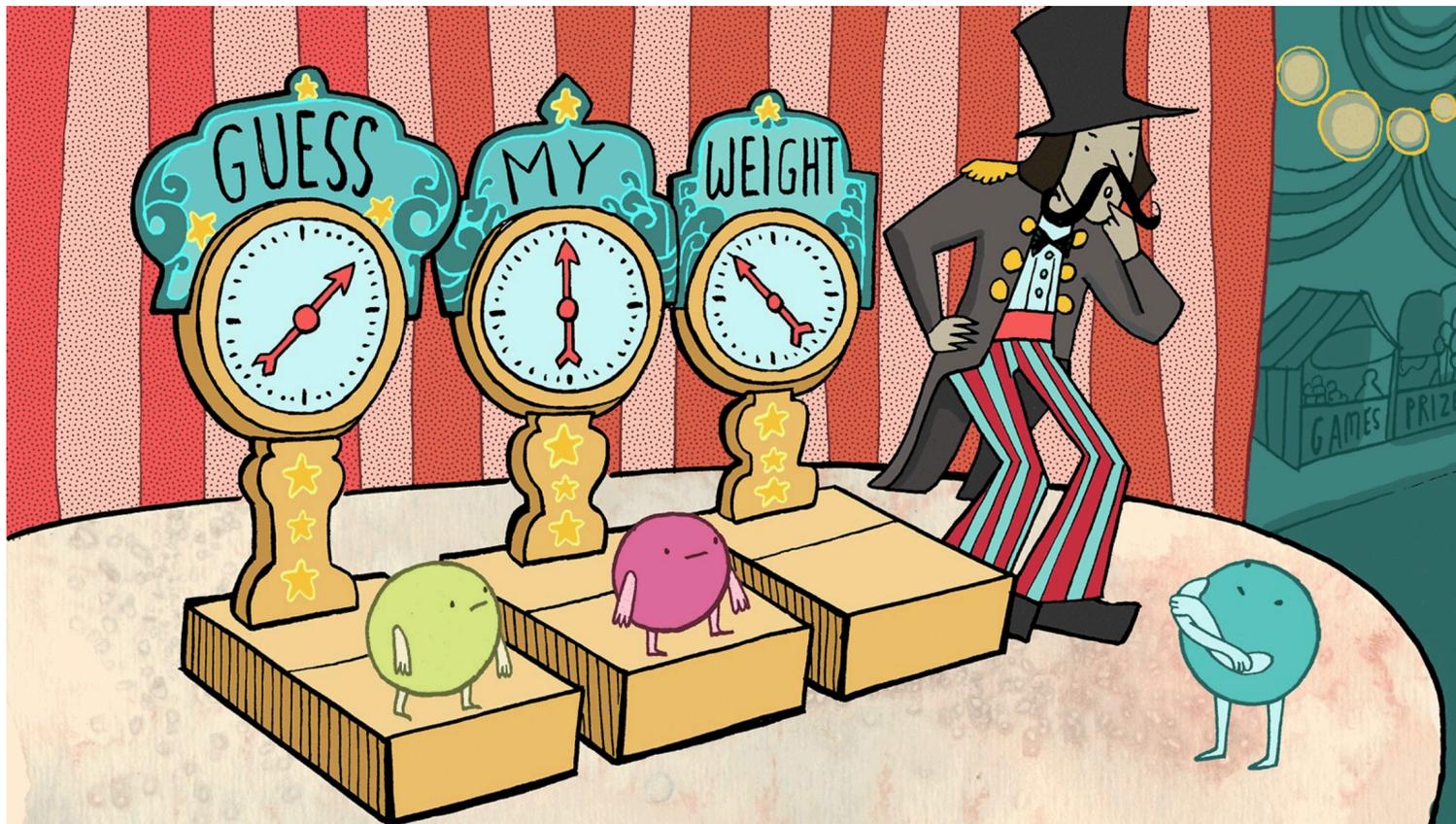


Sandbox Studio, Chicago with Corinne Mucha

Motivación e Introducción

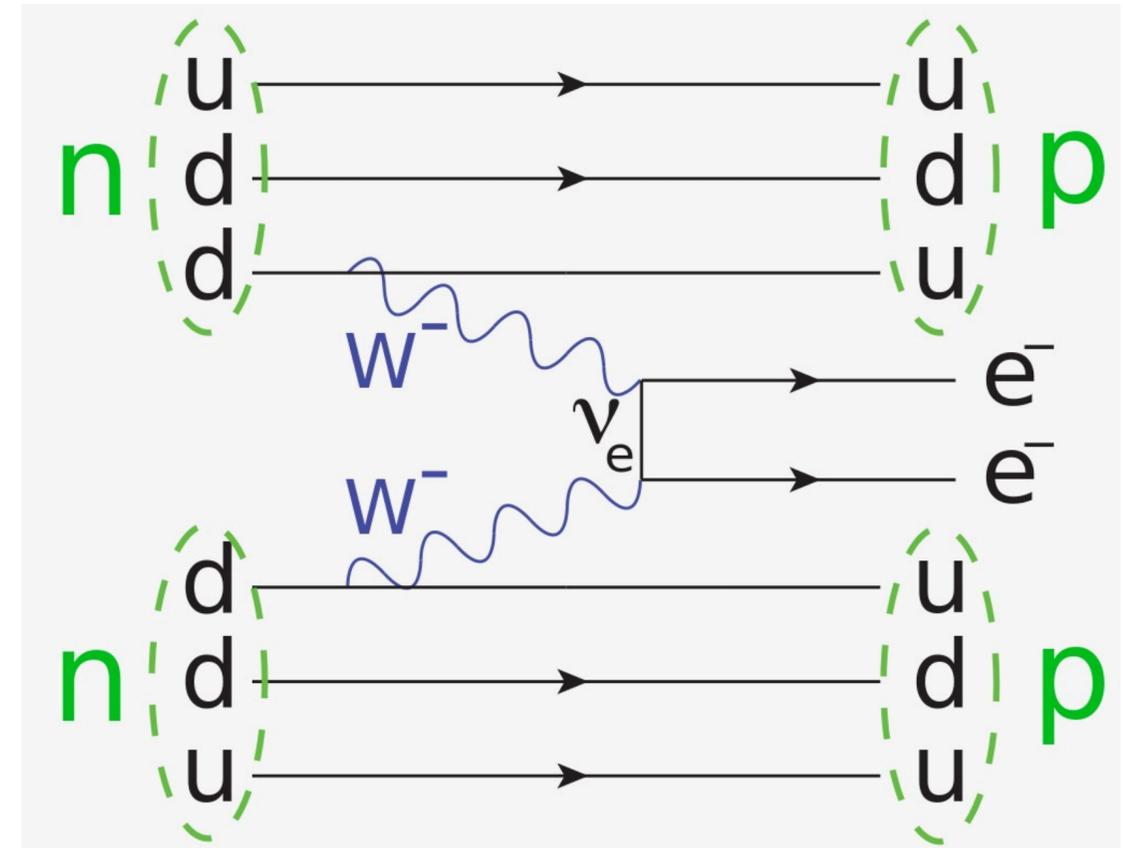
- El Modelo Estándar (SM) explica y predice gran cantidad de fenómenos en la Física de Partículas, sin embargo:

Masas de Neutrinos?



Symmetry Magazine / Sandbox Studio, Chicago

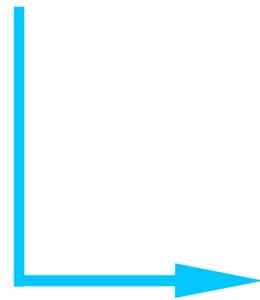
Naturaleza de Neutrinos?



JabberWok2 - Public Domain

Estudiamos la fenomenología de neutrinos de **Dirac**, asumiendo

- Matriz de masas de leptones en su base diagonal
- Matriz de masas de neutrinos Hermitiana, $M_\nu = M_\nu^\dagger$
- Dos ceros en la matriz de masas (Texturas)



$$A_1 : \begin{pmatrix} 0 & 0 & X \\ 0 & X & X \\ X & X & X \end{pmatrix}, \quad A_2 : \begin{pmatrix} 0 & X & 0 \\ X & X & X \\ 0 & X & X \end{pmatrix};$$

$$B_1 : \begin{pmatrix} X & X & 0 \\ X & 0 & X \\ 0 & X & X \end{pmatrix}, \quad B_2 : \begin{pmatrix} X & 0 & X \\ 0 & X & X \\ X & X & 0 \end{pmatrix},$$

$$B_3 : \begin{pmatrix} X & 0 & X \\ 0 & 0 & X \\ X & X & X \end{pmatrix}, \quad B_4 : \begin{pmatrix} X & X & 0 \\ X & X & X \\ 0 & X & 0 \end{pmatrix};$$

$$C : \begin{pmatrix} X & X & X \\ X & 0 & X \\ X & X & 0 \end{pmatrix}; \quad D_1 : \begin{pmatrix} X & X & X \\ X & 0 & 0 \\ X & 0 & X \end{pmatrix}, \quad D_2 : \begin{pmatrix} X & X & X \\ X & X & 0 \\ X & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$E_1 : \begin{pmatrix} 0 & X & X \\ X & 0 & X \\ X & X & X \end{pmatrix}, \quad E_2 : \begin{pmatrix} 0 & X & X \\ X & X & X \\ X & X & 0 \end{pmatrix}, \quad E_3 : \begin{pmatrix} 0 & X & X \\ X & X & 0 \\ X & 0 & X \end{pmatrix}$$

$$F_1 : \begin{pmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & X \\ 0 & X & X \end{pmatrix}, \quad F_2 : \begin{pmatrix} X & 0 & X \\ 0 & X & 0 \\ X & 0 & X \end{pmatrix}, \quad F_3 : \begin{pmatrix} X & X & 0 \\ X & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{pmatrix};$$

Enfoque General

$$M_\nu = U_{PMNS} \text{Diag} (m_1, m_2, m_3) U_{PMNS}^\dagger$$

Utilizamos la parametrización

$$U_{PMNS} \equiv U = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu1} & U_{\mu2} & U_{\mu3} \\ U_{\tau1} & U_{\tau2} & U_{\tau3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & s_{13}e^{-i\delta} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13}e^{i\delta} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Imponiendo los dos ceros:

$$(M_\nu)_{ij} = 0 \quad (M_\nu)_{kl} = 0 \quad ij \neq kl$$

Sistema de dos ecuaciones:

$$\eta m_1 U_{i1} U_{1j}^* + \kappa m_2 U_{i2} U_{2j}^* + m_3 U_{i3} U_{3j}^* = 0,$$

$$\eta m_1 U_{k1} U_{1l}^* + \kappa m_2 U_{k2} U_{2l}^* + m_3 U_{k3} U_{3l}^* = 0,$$

Buscamos masas reales; η y κ son los signos relativos a m_3 .

$$\eta m_1 U_{i1} U_{1j}^* + \kappa m_2 U_{i2} U_{2j}^* + m_3 U_{i3} U_{3j}^* = 0,$$

$$\eta m_1 U_{k1} U_{1l}^* + \kappa m_2 U_{k2} U_{2l}^* + m_3 U_{k3} U_{3l}^* = 0,$$

- **Violación de CP:** Texturas con los ceros en la diagonal. Esto es, $i = j$ y $k = l$; así, las masas son reales sin importar el valor de δ (C , E_1 y E_2).
- **Conservación de CP:** En todas las demás texturas, para asegurar masas reales el valor de δ debe ser 0 ó π .

También utilizamos

$$\Delta m_{21}^2 = m_2^2 - m_1^2$$
$$\Delta m_{31}^2 = m_3^2 - m_1^2$$

- Asignamos valores aleatorios a la diferencia de masas dentro del rango de 3σ dado por el Neutrino Global Fit.
- Así mismo, asignamos valores aleatorios a otros tres parámetros y resolvemos para la masa ligera en NO e IO

parameter	3σ range
$\Delta m_{21}^2: [10^{-5} \text{ eV}^2]$	6.94-8.14
$ \Delta m_{31}^2 : [10^{-3} \text{ eV}^2]$ (NO)	2.47-2.63
$ \Delta m_{31}^2 : [10^{-3} \text{ eV}^2]$ (IO)	2.37-2.53
$\sin^2 \theta_{12}/10^{-1}$	2.71-3.69
$\sin^2 \theta_{23}/10^{-1}$ (NO)	4.34-6.10
$\sin^2 \theta_{23}/10^{-1}$ (IO)	4.33-6.08
$\sin^2 \theta_{13}/10^{-2}$ (NO)	2.000-2.405
$\sin^2 \theta_{13}/10^{-2}$ (IO)	2.018-2.424
δ_{CP}/π (NO)	0.71-1.99
δ_{CP}/π (IO)	1.11-1.96

Resultados

- Sólo tres texturas son compatibles con los datos actuales: A1 (NO), A2 (NO) y C (NO e IO).
- Las demás texturas son descartadas con el Global Fit actual.
- Se encuentran correlaciones gráficas entre parámetros en las texturas permitidas.

$$m_\nu < 0.8 \text{ eV}$$

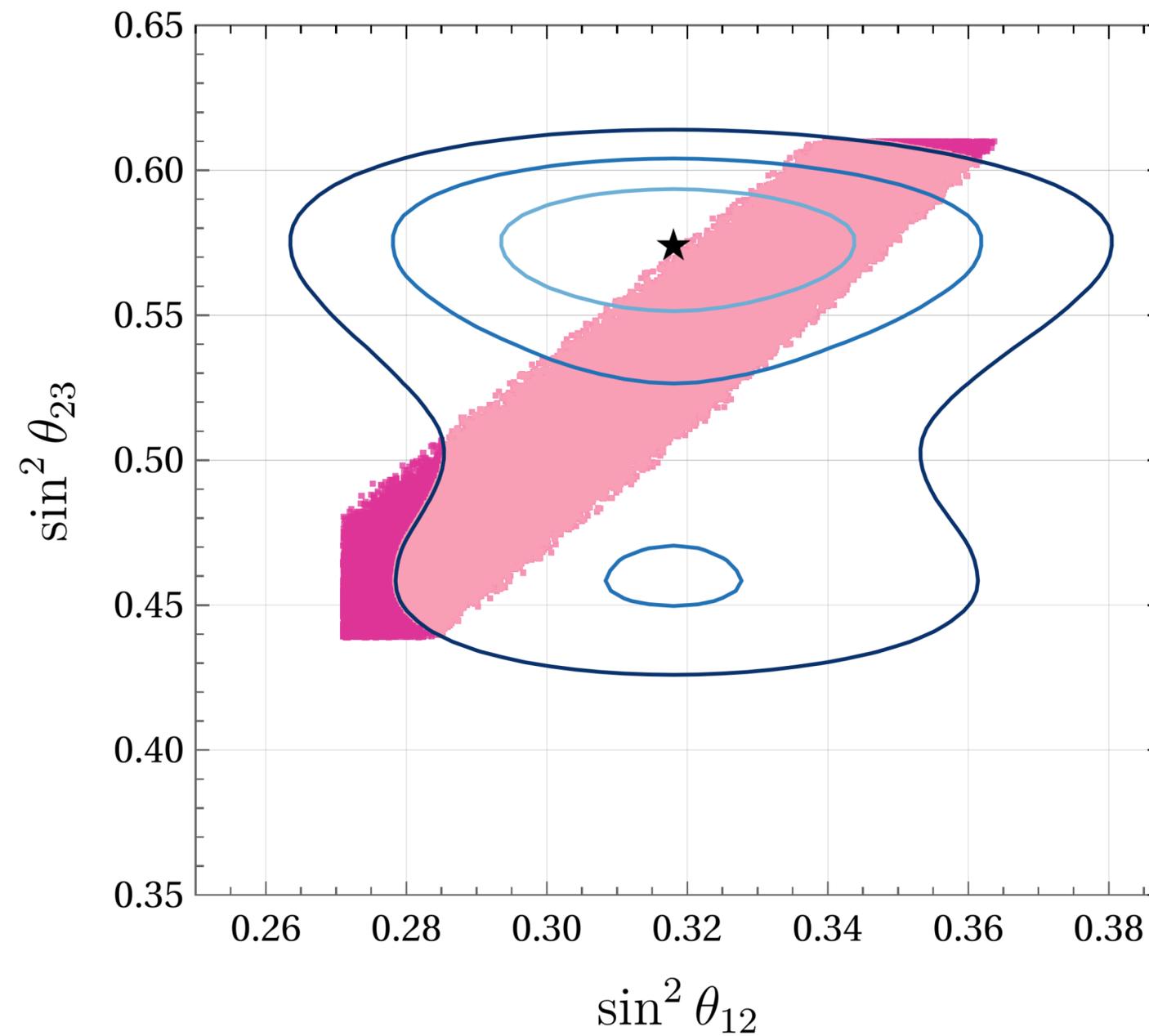
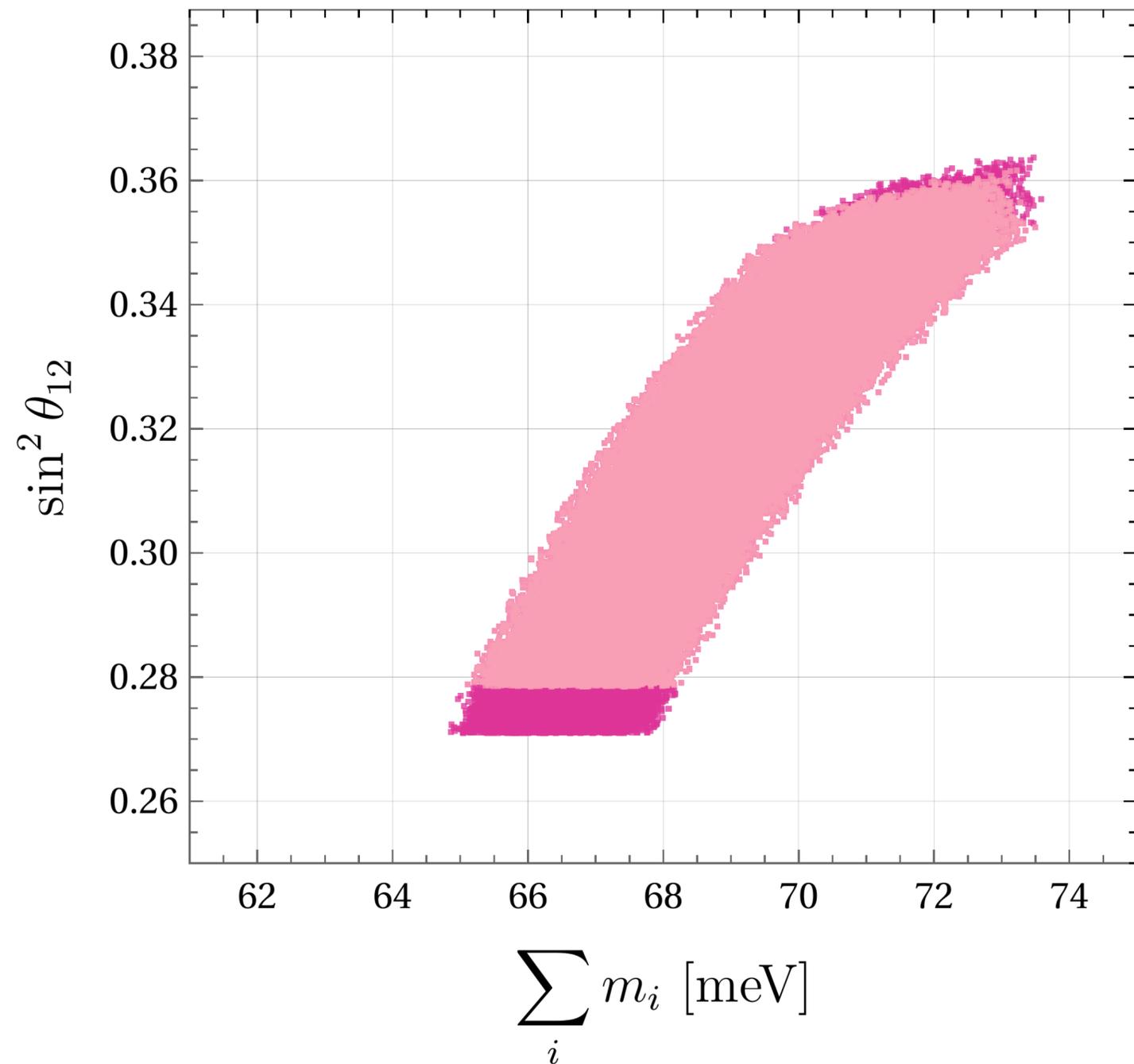
Límite KATRIN

$$\sum m_\nu < 0.12 \text{ eV}$$

Límite PLANCK

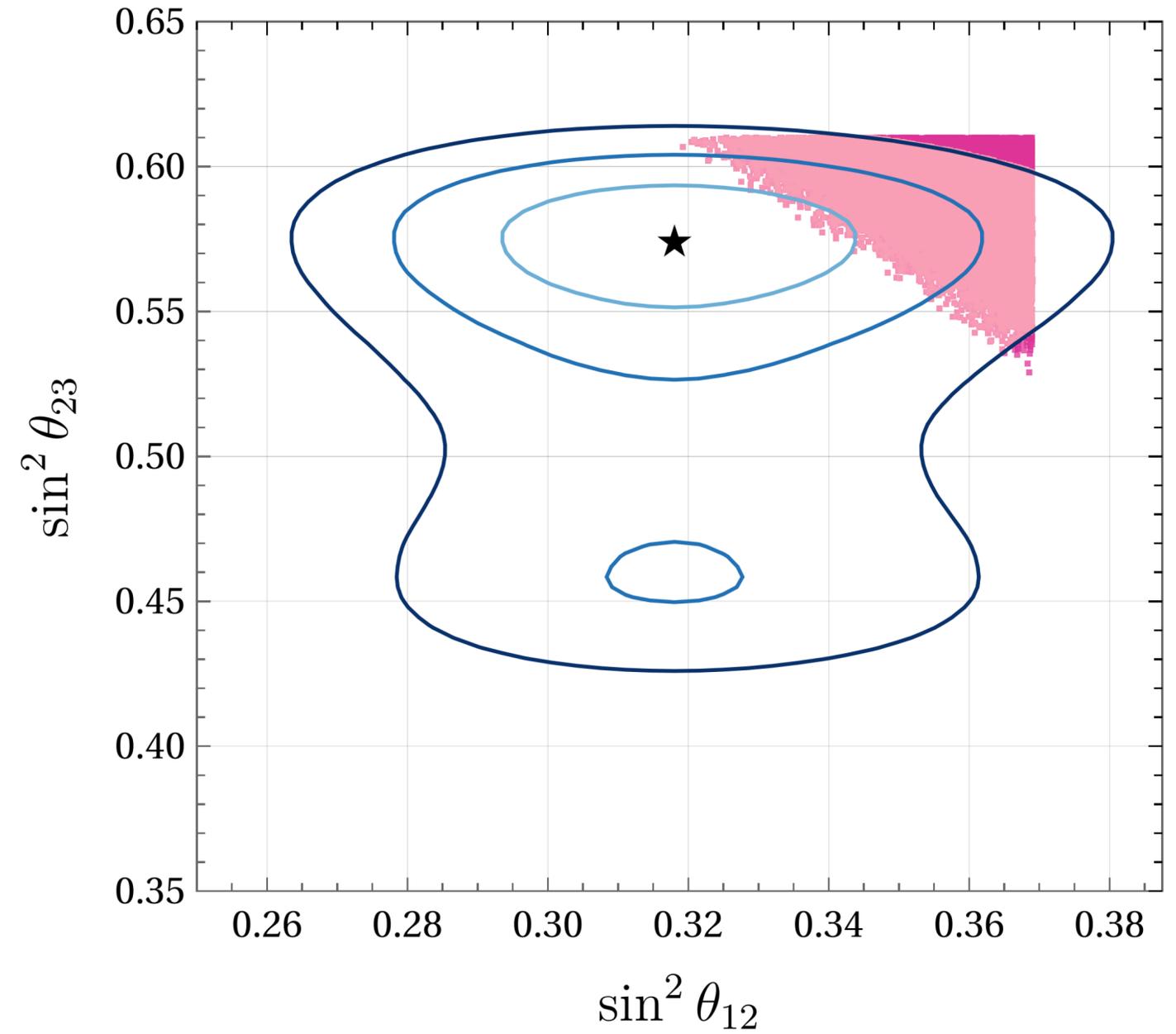
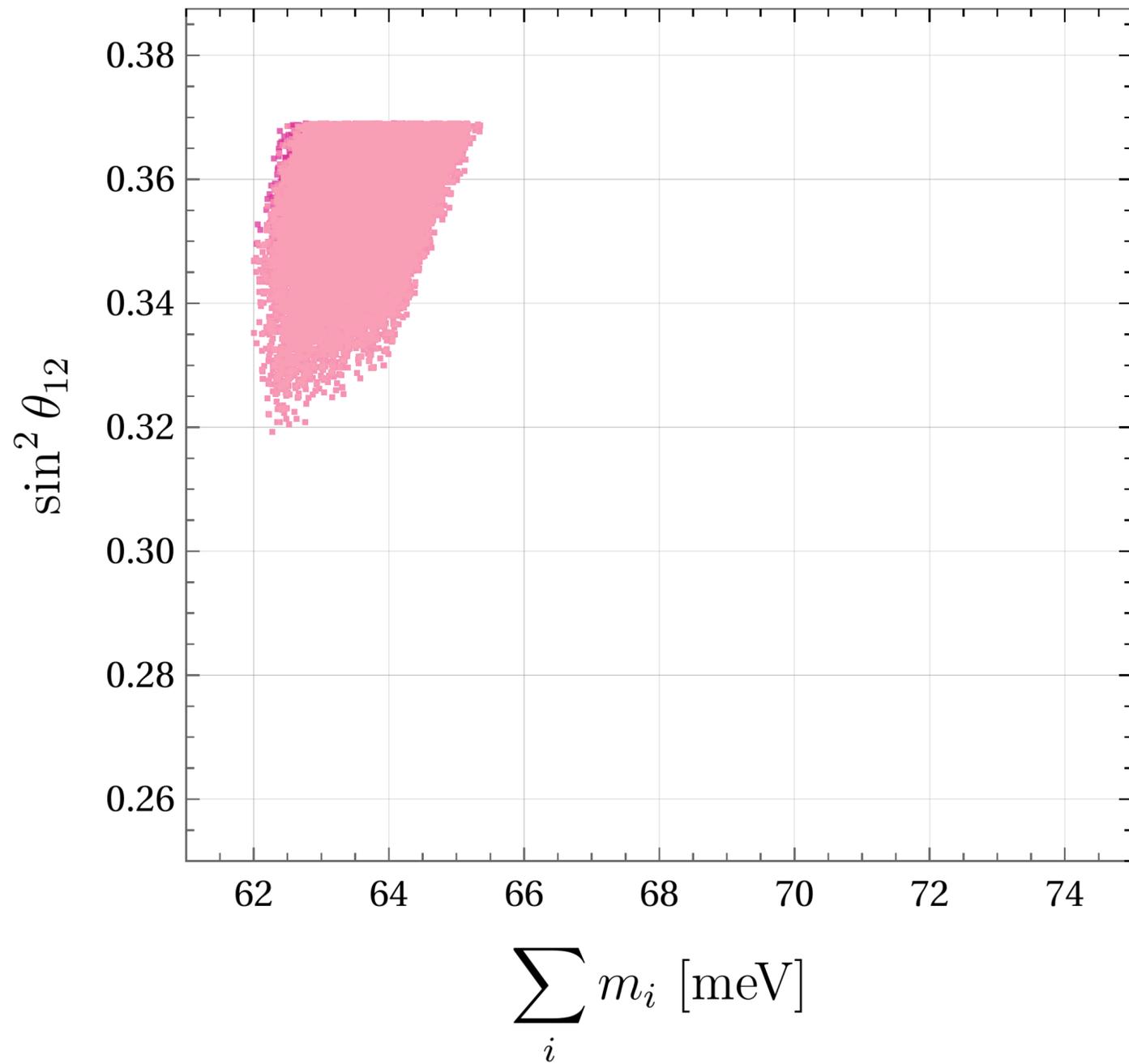
Textura A1 (NO)

$$A_1 : \begin{pmatrix} 0 & 0 & X \\ 0 & X & X \\ X & X & X \end{pmatrix}$$



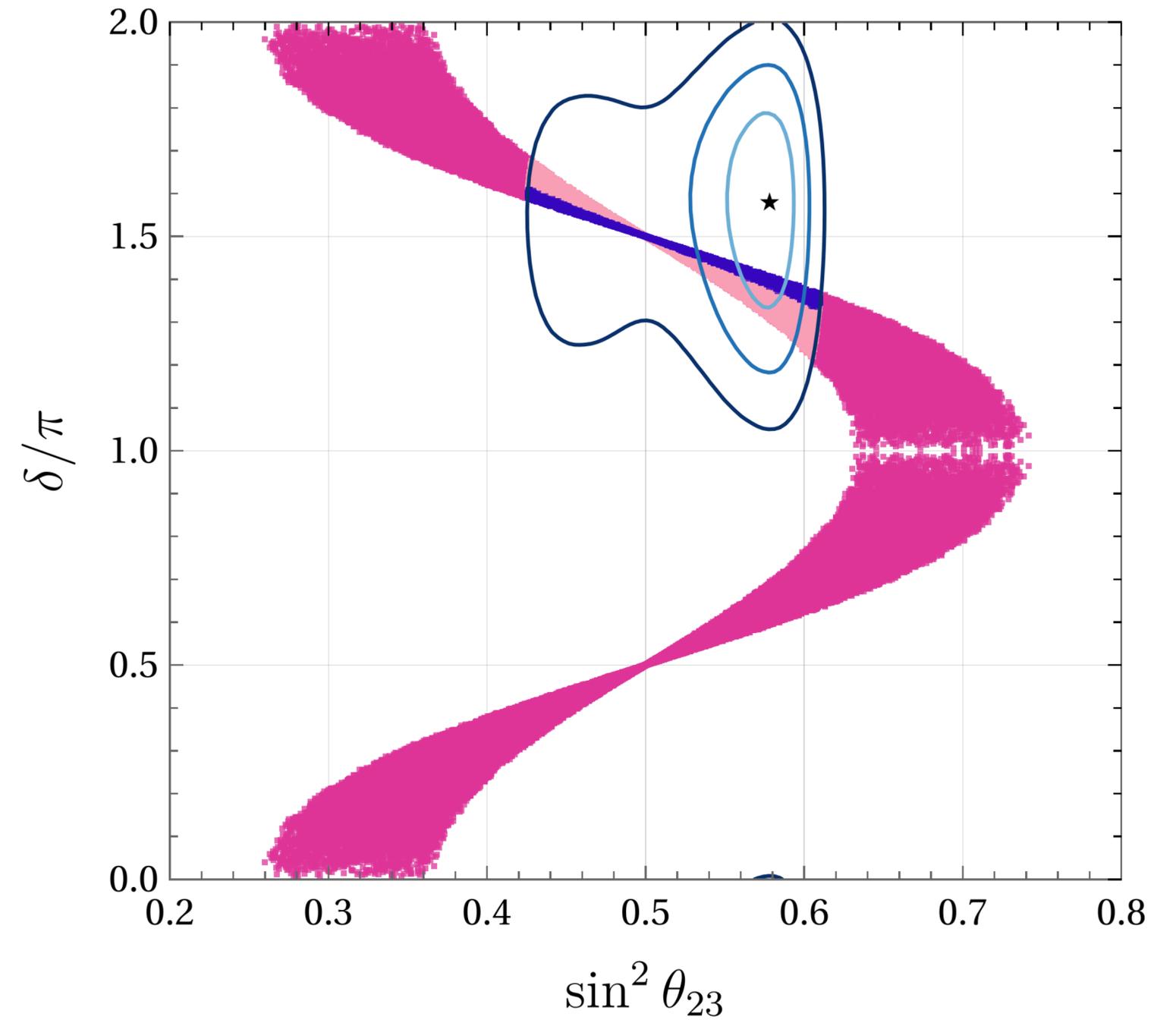
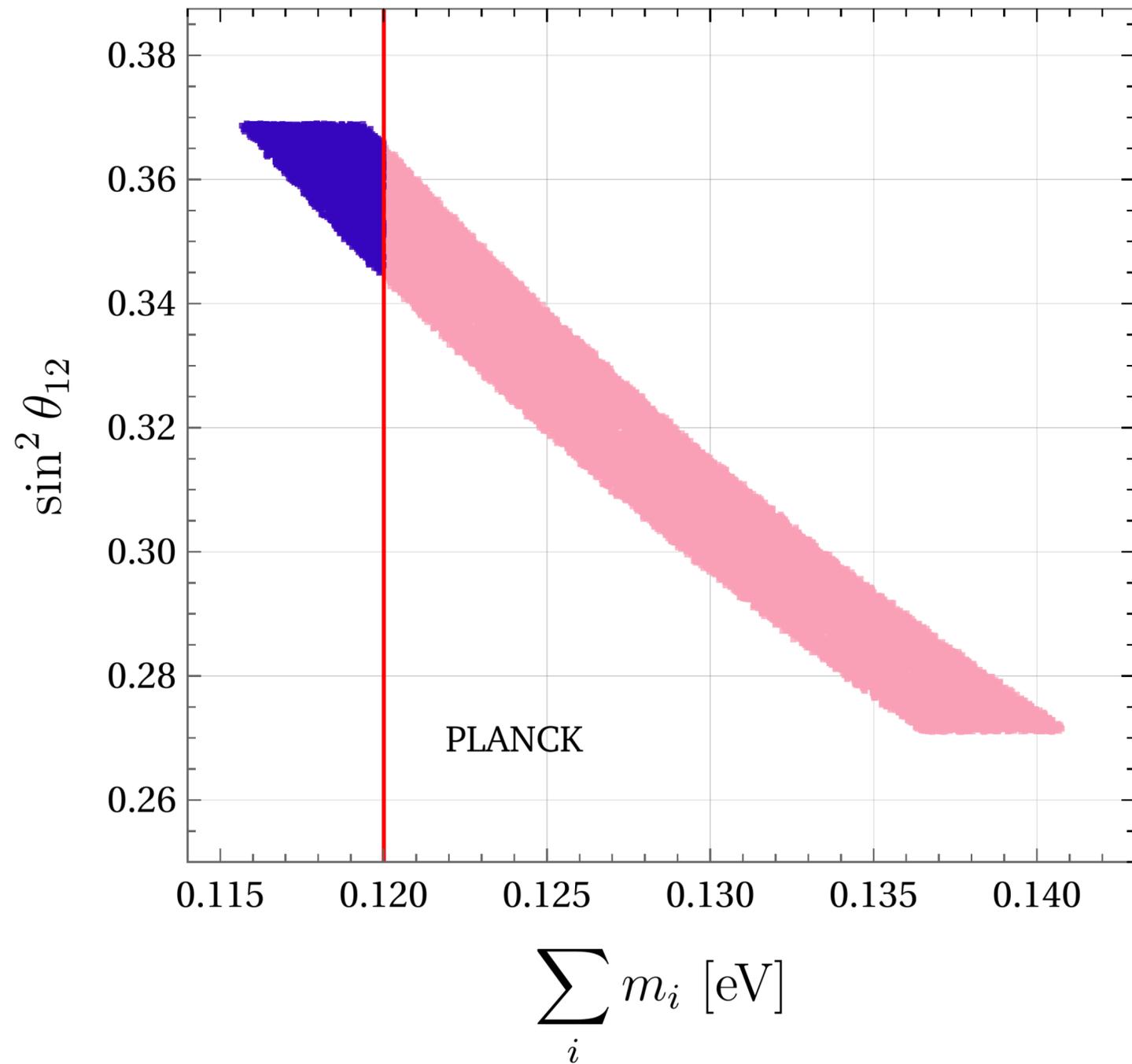
Textura A2 (NO)

$$A_2 : \begin{pmatrix} 0 & X & 0 \\ X & X & X \\ 0 & X & X \end{pmatrix}$$



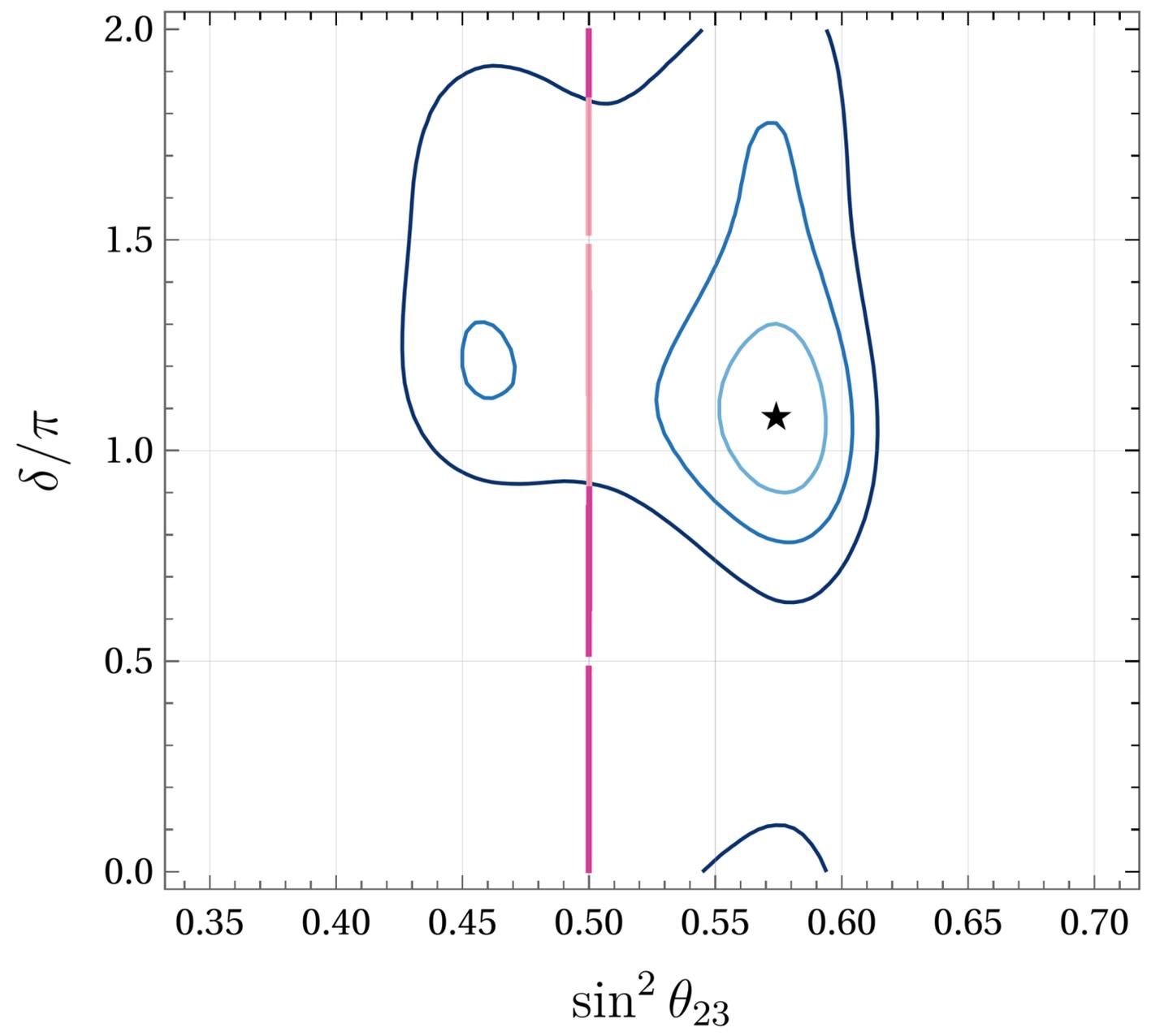
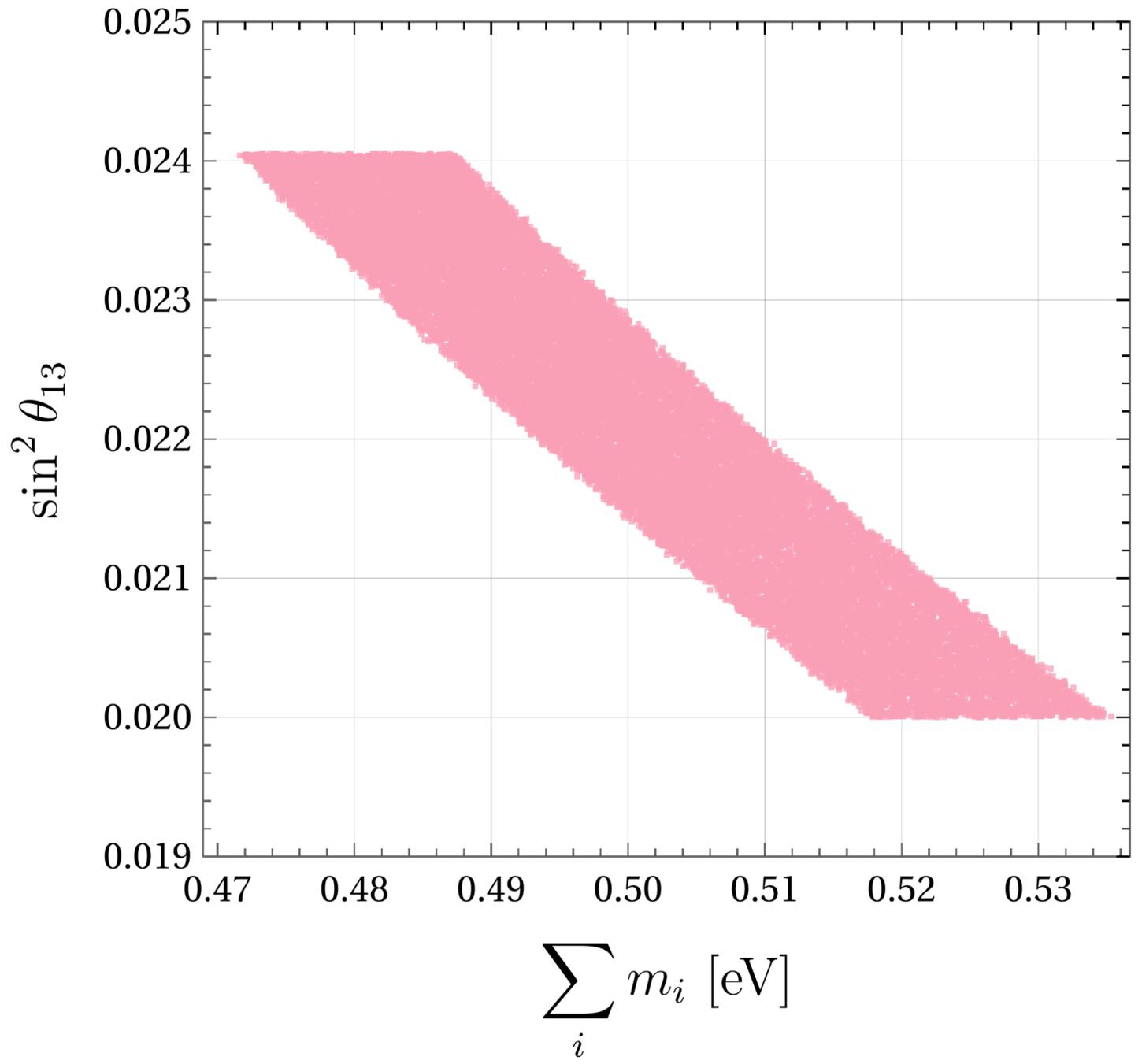
Textura C (IO)

$$C : \begin{pmatrix} X & X & X \\ X & 0 & X \\ X & X & 0 \end{pmatrix}$$



Textura C (NO)

$$C : \begin{pmatrix} X & X & X \\ X & 0 & X \\ X & X & 0 \end{pmatrix}$$



Conclusiones

- Con el Global Fit actual, sólo las texturas A1 (NO), A2 (NO) y C (IO y NO) son permitidas.
- Texturas A1 y A2 predicen conservación de CP, mientras que C predice violación de CP en IO y NO.
- Textura C en NO genera masas cuasi-degeneradas.
- Próximos experimentos podrían permitir descartar alguna de las texturas mencionadas.

Perspectivas Futuras

- Modelos y Fenomenología de Neutrinos y Materia Oscura
- Cálculos de Precisión en el Modelo Estándar Electro débil
- Teorías de Campo Efectivas

