

Análisis fenomenológico del modelo doblete inerte

Diego Ríos

Universidad de Antioquia



October 21, 2021

Computación científica avanzada

Contenido

- Modelos de materia oscura sin espín.
- El modelo doblete inerte.
- Escán de Monte Carlo.
- Resultados.
- Conclusiones.

Motivación

El problema de la materia oscura está firmemente establecido. En los recientes años se han estudiado diferentes modelos que proponen partículas de materia oscura asociada a campos escalares.

El modelo doblete inerte está en este conjunto y contiene un amplio espacio de parámetros que debe ser restringidos de acuerdo a las limitaciones que imponen los experimentos de detección directa sobre los observables físicos.

Propósito

- Desarrollar un escán con métodos de Monte Carlo sobre el espacio de parámetros del modelo en cuestión, para garantizar que el modelo describa un escenario de materia oscura escalar autointeractuante.
- Imponer las restricciones que devienen de experimentos de detección directa como XENON1T, LZD, DARWIN y otras colaboraciones como PLANCK.

El modelo

Una de las extensiones más simples del Modelo Estandar (SM) consiste en añadir un segundo doblete de Higgs

$$\mathcal{V} = \mu_1^2 |H_1|^2 + \mu_2^2 |H_2|^2 + \lambda_1 |H_1|^4 + \lambda_2 |H_2|^4 + \lambda_3 |H_1|^2 |H_2|^2 + \lambda_4 |H_1^\dagger H_2|^2 + \frac{\lambda_5}{2} \left[(H_1^\dagger H_2)^2 + \text{h.c.} \right]. \quad (1)$$

Nuevos estados físicos

$$H^\pm, H^0, A^0 \quad (2)$$

Consideraciones

Luego del rompimiento espontaneo de la simetría electrodébil,

$$m_h^2 = -2\mu_1^2, \quad (3)$$

$$m_{H^\pm}^2 = \mu_2^2 + \frac{1}{2}\lambda_3 v^2, \quad (4)$$

$$m_{H^0}^2 = \mu_2^2 + \frac{1}{2}(\lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5) v^2, \quad (5)$$

$$m_{A^0}^2 = \mu_2^2 + \frac{1}{2}(\lambda_3 + \lambda_4 - \lambda_5) v^2, \quad (6)$$

Espacio de parámetros

$$m_{H^\pm}, m_{H^0}, m_{A^0}, \lambda_i \quad (7)$$

Consideraciones

- Se definen las cantidades $\Delta m_{H^\pm} = m_{H^\pm} - m_{H^0}$ y $\Delta m_{A^0} = m_{A^0} - m_{H^0}$, donde $m_{H^0} < m_{A^0} \leq m_{H^\pm}$.
- El acoplamiento entre H_1 y H_2 , es proporcional a $\lambda_L = \frac{1}{2}(\lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5)$.
- $\lambda_1, \lambda_2 > 0 \quad \lambda_3, \lambda_3 + \lambda_4 - |\lambda_5| > -2\sqrt{\lambda_1\lambda_2}$.
- $m_{H^0} \lesssim m_W$.

Escán

- Se calcula Ω_{H^0} con micrOMEGAs v5.2.7 y se impone $\Omega_{H^0} h^2 = 0.12 \pm 1$
- $\sigma_{H^0}^{SI}$ se restringe usando los datos de los experimentos de detección directa.
- Se obtienen los datos de los experimentos usando g3data.
- Se desarrolla el escán en los intervalos:

$$10 \text{ GeV} \leq m_{H^0} \leq 80 \text{ GeV} \quad (8)$$

$$11m_{H^0}/10 < m_{A^0} < 6m_{H^0}/5, \quad (9)$$

$$m_{A^0} \leq m_{H^\pm} < 11m_{A^0}/10, \quad (10)$$

$$10^{-4} \leq \lambda_2 \leq 1, \quad (11)$$

$$10^{-4} \leq |\lambda_L| \leq 1. \quad (12)$$

Resultados

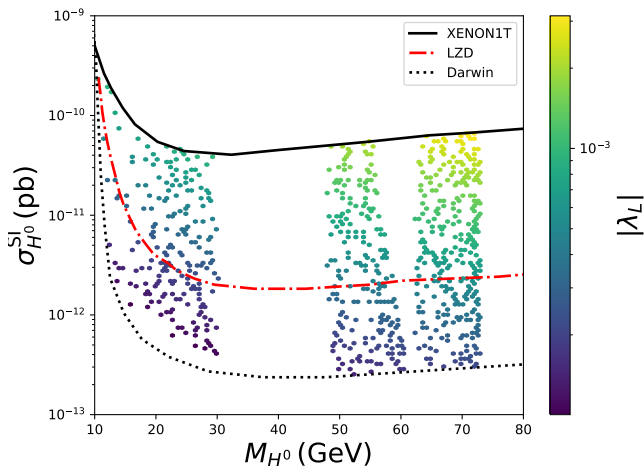


Figure: Espacio de parámetros viable

Resultados

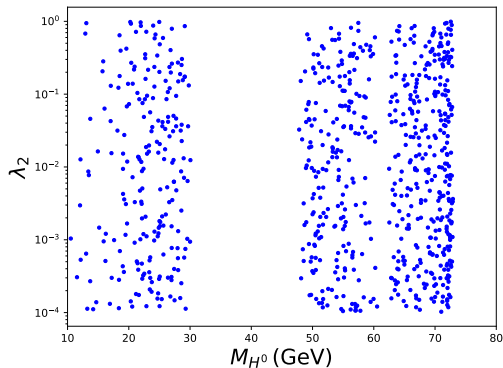


Figure: Restricciones sobre el espacio de parámetros debido a la acotación de Ωh^2 .

Resultados

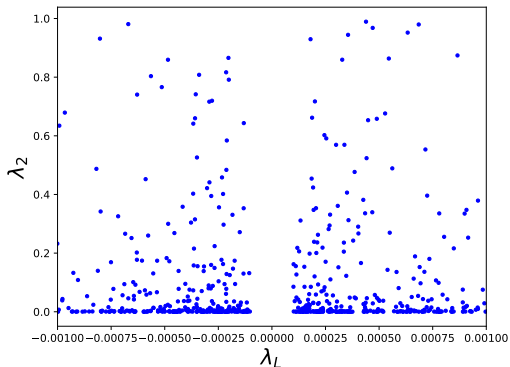


Figure: Restricciones sobre el espacio de parámetros debido a la acotación de Ωh^2 .

Resultados

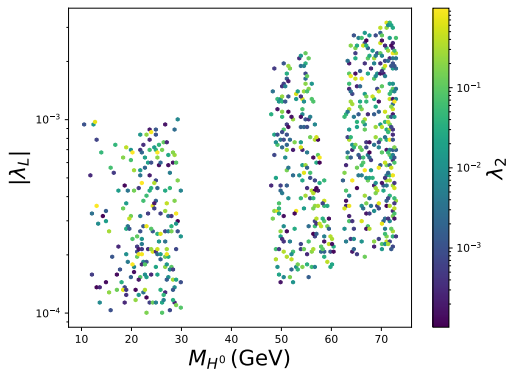


Figure: Restricciones sobre el espacio de parámetros debido a la acotación de Ωh^2 .

Resultados

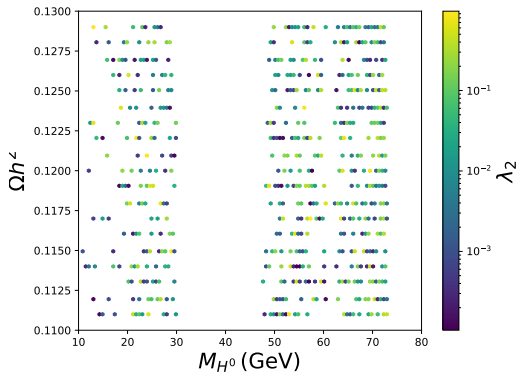


Figure: Restricciones sobre el espacio de parámetros debido a la acotación de Ωh^2 .

Resultados

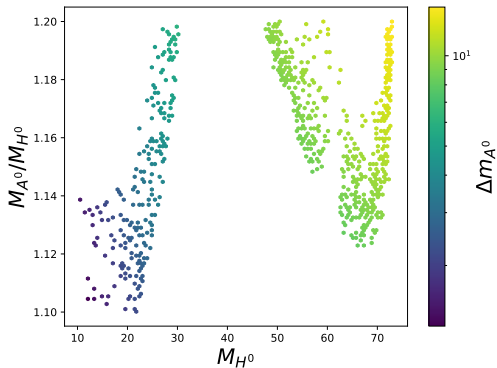


Figure: Relaciones entre masas de estados.

Resultados

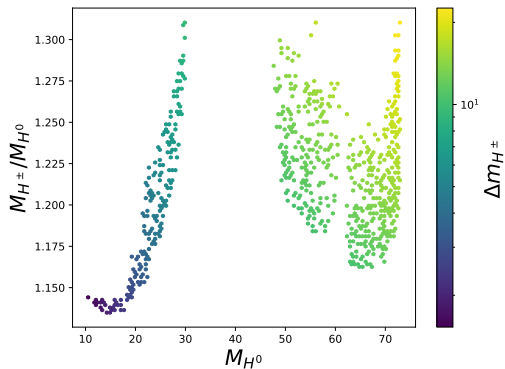


Figure: Relaciones entre masas de estados.

Conclusiones

Se analizó la fenomenología dle modelo doblete inerte para espaciamientos de masas de los nuevos estados físicos que propone el modelo, dentro de los intervalos mencionados. Dicho análisis, mostró que el acoplamiento con el Higgs del SM debe estar restringido para masas inferiores a 30 GeV, a valores por encima de 10^{-4} y por debajo de 10^{-3} , es decir, materia oscura debilmente interactuante. Mientras que para valores superiores a 48 GeV, los límites mencionados crecen linealmente.

La masa de materia oscura debe excluir el intervalo $30 \text{ GeV} \leq m_{H^0} \leq 48 \text{ GeV}$, Y por tanto se ven acotadas las masas de las demás prtículas asociadas al nuevo doblete de Higgs (H^\pm y A^0).

Referencias

- [1] E. Aprile, J. Aalbers, F. Agostini, M. Alfonsi, L. Althueser, F.D. Amaro, M. Anthony, F. Arneodo, L. Baudis, B. Bauermeister, and et al. “Dark Matter Search Results from a One Ton-Year Exposure of XENON1T”. In: *Physical Review Letters* 121.11 (2018).
- [2] D.S. Akerib, C.W. Akerlof, S.K. Alsum, H.M. Araújo, M. Arthurs, X. Bai, A.J. Bailey, J. Balajthy, S. Balashov, D. Bauer, and et al. “Projected WIMP sensitivity of the LUX-ZEPLIN dark matter experiment”. In: *Physical Review D* 101.5 (2020).
- [3] J. Aalbers, F. Agostini, M. Alfonsi, F.D. Amaro, C. Amsler, E. Aprile, L. Arazi, F. Arneodo, P. Barrow, L. Baudis, and et al. “DARWIN: towards the ultimate dark matter detector”. In: *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 2016.11 (2016), 017–017.

Referencias

- [4] Laura Lopez Honorez and Carlos E. Yaguna. “The inert doublet model of dark matter revisited”. In: *Journal of High Energy Physics* 2010.9 (2010).
- [5] N. Aghanim, Y. Akrami, M. Ashdown, J. Aumont, C. Baccigalupi, M. Ballardini, A. J. Banday, R. B. Barreiro, N. Bartolo, and et al. “Planck 2018 results”. In: *Astronomy and Astrophysics* 641 (2020), A6.