Unitariedad perturvativa a $\Lambda \leq 10^5$ sobre el modelo doblete inerte

Diego Ríos

Universidad de Antioquia

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1 8 0 3

November 22, 2021

Computación científica avanzada

Contenido

- El modelo.
- Unitariedad perturvativa.
- RGEs.
- Resultados.
- Conclusiones.

El modelo doblete inerte

El potencial escalar renormalizable más general asociado al modelo, viene dado por

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

donde H_1 es el doblete de Higgs del SM, μ_i son términos de masa y λ_i son parámetros adimensionales relativos a los acoplamientos.

H_2 es impar bajo la simetría $\mathbb{Z}_2$ y todos los demás campos son pares

Unitariedad perturvativa

Se debe garantizar la unitariedad perturvativa del modelo, imponiendo sobre la matriz de transición o S-Matrix, la unitariedad de la misma. Esto es,

$$|\mathrm{Re}(a_i)| \leq \frac{1}{2}, \tag{2}$$

donde a_i son los autovalores de la S-Matrix.

Unitariedad perturvativa y RGEs

La condición de unitariedad perturvativa ha de mantenerse a todas las escalas de energía, lo cual puede lograrse, solucionando las RGEs del modelo e imponiendo dicha condición para todos los valores de los acoplamiento adquiridos a las diferentes escalas.

Las RGEs han sido calculadas con `SARAH 4.14.4` a 1-loop.

RGEs

$$\beta^{(1)}_{\lambda_1} = \frac{\ln(10)}{16\pi^2}\left(12\lambda_1\left(Y^2_{d,1}+Y^2_{d,2}+Y^2_{d,3}\right) - 6\left(Y^4_{d,1}+Y^4_{d,2}+Y^4_{d,3}\right) + 4\lambda_1\left(Y^2_{e,1}+Y^2_{e,2}+Y^2_{e,3}\right)\right.$$
$$- 2\left(Y^4_{e,1}+Y^4_{e,2}+Y^4_{e,3}\right) + 12\lambda_1\left(Y^2_{u,1}+Y^2_{u,2}+Y^2_{u,3}\right) - 6\left(Y^4_{u,1}+Y^4_{u,2}+Y^4_{u,3}\right) - \frac{9}{5}g_1^2\lambda_1$$
$$\left. -9g_2^2\lambda_1 + \frac{27g_1^4}{200} + \frac{9}{20}g_2^2g_1^2 + \frac{9g_2^4}{8} + 24\lambda_1^2 + 2\lambda_3^2 + \lambda_4^2 + \lambda_5^2 + 2\lambda_3\lambda_4\right),$$

$$\beta^{(1)}_{\lambda_2} = \frac{\ln(10)}{16\pi^2}\left(\frac{9}{20}g_1^2\left(g_2^2 - 4\lambda_2\right) - 9g_2^2\lambda_2 + \frac{27g_1^4}{200} + \frac{9g_2^4}{8} + 24\lambda_2^2 + 2\lambda_3^2 + \lambda_4^2 + \lambda_5^2 + 2\lambda_3\lambda_4\right),$$

$$\beta^{(1)}_{\lambda_3} = \frac{\ln(10)}{16\pi^2}\left(6\lambda_3\left(Y^2_{d,1}+Y^2_{d,2}+Y^2_{d,3}\right) + 2\lambda_3\left(Y^2_{e,1}+Y^2_{e,2}+Y^2_{e,3}\right) + 6\lambda_3\left(Y^2_{u,1}+Y^2_{u,2}+Y^2_{u,3}\right)\right.$$
$$-\frac{9}{5}g_1^2\lambda_3 - 9g_2^2\lambda_3 + \frac{27g_1^4}{100} + \frac{9}{10}g_2^2g_1^2 + \frac{9g_2^4}{4} + 4\lambda_3^2 + 2\lambda_4^2 + 10\lambda_5^2 + 12\lambda_1\lambda_3 + 12\lambda_2\lambda_3$$
$$\left. +4\lambda_1\lambda_4 + 4\lambda_2\lambda_4\right),$$

$$\beta^{(1)}_{\lambda_4} = \frac{\ln(10)}{16\pi^2}\left(6\lambda_4\left(Y^2_{d,1}+Y^2_{d,2}+Y^2_{d,3}\right) + 2\lambda_4\left(Y^2_{e,1}+Y^2_{e,2}+Y^2_{e,3}\right) + 6\lambda_4\left(Y^2_{u,1}+Y^2_{u,2}+Y^2_{u,3}\right)\right.$$
$$\left.-\frac{9}{5}g_1^2\lambda_4 - 9g_2^2\lambda_4 - \frac{9}{5}g_2^2g_1^2 + 4\lambda_4^2 - 8\lambda_5^2 + 4\lambda_1\lambda_4 + 4\lambda_2\lambda_4 + 8\lambda_3\lambda_4\right),$$

$$\beta^{(1)}_{\lambda_5} = \frac{\ln(10)}{16\pi^2}\left(6\lambda_5\left(Y^2_{d,1}+Y^2_{d,2}+Y^2_{d,3}\right) + 2\lambda_5\left(Y^2_{e,1}+Y^2_{e,2}+Y^2_{e,3}\right) + 6\lambda_5\left(Y^2_{u,1}+Y^2_{u,2}+Y^2_{u,3}\right)\right.$$
$$\left.-\frac{9}{5}g_1^2\lambda_5 - 9g_2^2\lambda_5 + 4\lambda_1\lambda_5 + 4\lambda_2\lambda_5 + 8\lambda_3\lambda_5 - 4\lambda_4\lambda_5\right).$$

Resultados

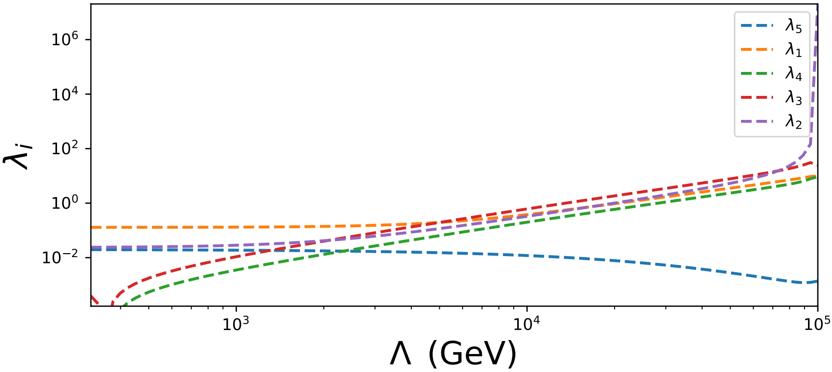


Figure: Comportamientos de los acomplamientos a las diferentes escalas de energía.

Resultados

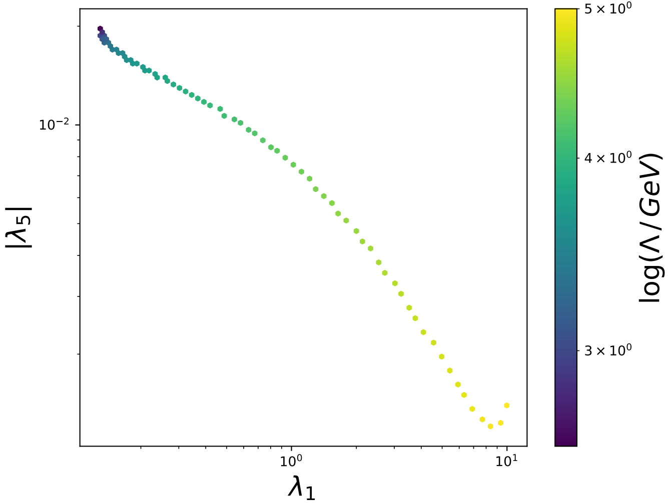


Figure: correlación entre λ_5 y λ_1.

Resultados

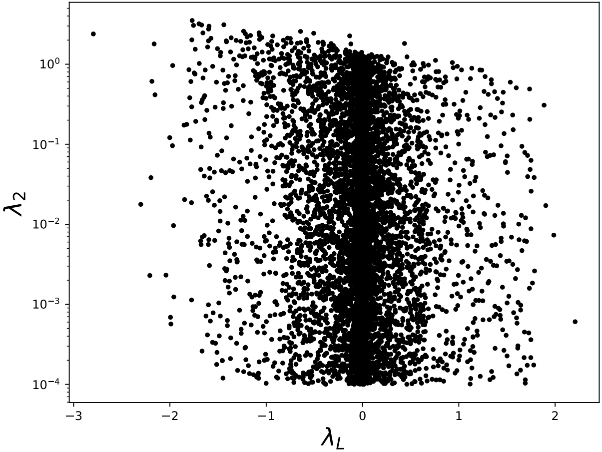
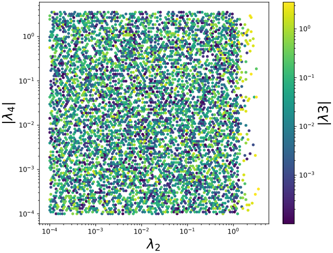
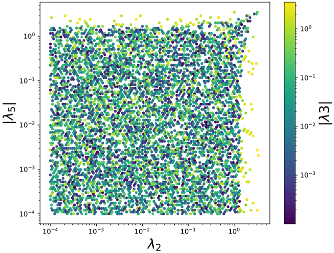


Figure: Restricciones sobre λ_L.

Resultados



(a)



(b)

Figure: correlaciones entre los acoplamientos.

Tiempos de cómputo

Figure: Tiempo de procesamiento por nucleos usando `multiprocess`.

Tiempos de cómputo

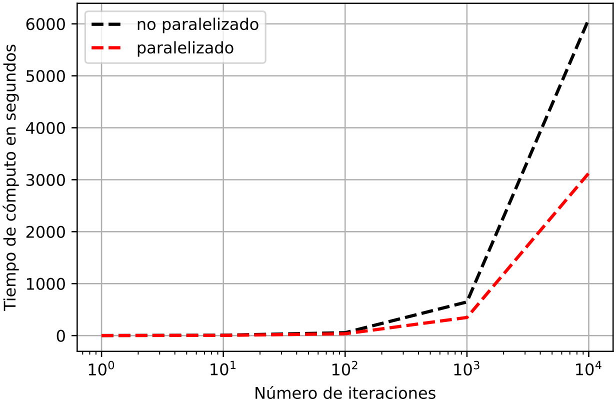


Figure: Tiempo de cómputo para el scan.

Conclusiones

Se desarrolló un análisis de las restricciones que impone la unitariedad perturvativa a diferentes escalas para el modelo IDM, solucionando las RGEs para los parámetros del modelo. En tal sentido, se observó que los parámetros no adquieren importantes restricciones, salvo la mostrada por la figura λ_2 vs λ_L, donde se muestra que para grandes valores de la iteración con el Higgs del SM, el autoacoplamiento de la partícula de materia oscura, tiende a disminuir.
Finalmente, los dos últimos gráficos muestran la importante reducción del tiempo de cómputo para el escán de Monte Carlo sobre el espacio de parámetros del modelo. En tal sentido, la paralelización genera mayor efectividad.

Referencias

[1] Laura Lopez Honorez and Carlos E. Yaguna. “The inert doublet model of dark matter revisited”. In: *Journal of High Energy Physics* 2010.9 (2010).

Muchas gracias.