

## 2. Mô hình AKS

Trong mô hình trong Tài liệu tham khảo [6], mà ở đây chúng tôi gọi là mô hình AKS, dự định rằng không chỉ các khối lượng neutrino nhỏ bé và DM mà còn cả sự bất đối xứng baryon của Vũ trụ được giải thích ở thang TeV. Ngoài các neutrino phải tay ở thang TeV  $\nu_R^\alpha$  ( $\alpha = 1, 2$ ), thì lĩnh vực Higgs bao gồm  $Z_2$  Hai bộ đôi Higgs  $\Phi$  chẵn- $Z_2\Phi_i$  ( $i = 1, 2$ ) và  $Z_2$  tích điện -lẻ các singlet  $\xi^{\pm}$  và một  $Z_2$ -đơn vị singlet thực trung hòa lẻ  $\eta^0$ . Do đó, các trạng thái vật lý trong  $Z_2$ -chẵn lĩnh vực là  $H$  (chẵn-CP),  $A$  (lẻ CP),  $H^\pm$  và  $h$  (CP-chẵn).

Ma trận khối lượng neutrino được tạo ra ở mức ba vòng lặp thông qua sơ đồ trong Hình 1 (phải), và được biểu diễn là

$$M_{ij}^\nu = \sum_{\alpha=1}^2 \left( \frac{1}{16\pi^2} \right)^3 \frac{(y_{\ell_i} h_i^\alpha)(y_{\ell_j} h_j^\alpha)(\kappa \tan \beta)^2 v^2}{M_{N_R^\alpha}} I_2(m_{H^\pm}, m_{S^\pm}, m_{N_R^\alpha}, m_\eta), \quad (6)$$

trong đó  $m_{H^\pm}$ ,  $m_{S^\pm}$ ,  $m_{N_R^\alpha}$  và  $m_\eta$  là khối lượng của boson Higgs tích điện có nguồn gốc từ bộ đôi  $H^\pm$ ,  $\xi^{\pm}$ ,  $N_R^\alpha$  và  $\eta^0$ , tương ứng;  $h_i^\alpha$  và  $\kappa$  là các hằng số ghép đôi của  $N_R^\alpha e_i^+ S^+$  và  $H^+ S^- \eta^0$ , tương ứng;  $\tan \beta = \langle \Phi_2^0 \rangle / \langle \Phi_1^0 \rangle$ , và

$$I_2(x, y, z, w) = \frac{-4z^2}{z^2 - w^2} \int_0^\infty u du \left\{ \frac{B_1(-u; x, y) - B_1(-u; 0, y)}{x^2} \right\}^2 \left( \frac{z^2}{u + z^2} - \frac{w^2}{u + w^2} \right), \quad (7)$$

trong đó  $B_1$  là hàm số hệ số tensor trong hình thức Passarino-Veltman [25].

Mặc dù lĩnh vực Higgs khá phức tạp để có thể tạo ra quá trình tạo baryon điện yếu.

kịch bản tạo ra, cấu trúc hương vị chỉ được xác định bởi sự kết hợp của  $h_i^\alpha$  và  $m_{N_R^\alpha}$  chỉ như trong mô hình Ma. Ma trận khối lượng có hệ số ba vòng lặp là  $(16\pi^2)^3$  với bổ sung sup-

nhân tố triệt tiêu bởi  $i$ . Chúng đủ để tái tạo quy mô khối lượng neutrino. Do đó, các electron

các hằng số liên kết liên quan đến electron  $h_e^{1,2}$  và sự kết hợp scalar  $\kappa$  là của  $\mathcal{O}(1)$  cho  $m_{N_R}^{1,2} \sim \mathcal{O}(1)$  TeV. Các hằng số ghép Yukawa  $h_i^\alpha$  phân cấp như  $|h_e^{1,2} (\simeq \mathcal{O}(1))| \gg h_\mu^{1,2} \gg h_\tau^{1,2}$ .

Các bộ tham số thỏa mãn dữ liệu hiện tại từ dao động neutrino, LFV, di tích sự phong phú của DM và điều kiện cho sự chuyển pha điện yếu bậc một mạnh được nghiên cứu trong Tài liệu tham khảo [6, 14]. Để tái tạo dữ liệu neutrino, khối lượng của  $H^\pm$  nên là 100 - 200 GeV. Đây là một dự đoán quan trọng của mô hình. Để tránh ràng buộc từ b<sub>xy</sub> sự, tương tác Yukawa cho các trường đôi có dạng được gọi là Loại-X [20],<sup>4</sup> trong đó chỉ một trong các bộ đôi liên kết với lepton và phần còn lại liên kết với quark.

<sup>4</sup>Loại-X được gọi là Loại-IV trong Tài liệu tham khảo [26] và Loại-I' trong Tài liệu tham khảo [27].