

## 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 và DM mà còn cả sự bất đối xứng baryon của vũ trụ được giải thích ở thang năng lượng TeV. Ngoài các neutrino phải tay ở thang TeV ( $N_R^\alpha$ ,  $\alpha = 1, 2$ ), các lĩnh vực Higgs bao gồm  $Z_2$ -eHai bộ đôi Higgs  $\Phi$  chặn- $Z_2$  ( $\Phi_i$  ( $i = 1, 2$ )) và  $Z_2$  tích điện -lẻ các singlet  $S^\pm$  và một  $Z_2$  singlet vô hướng trung hòa lẻ  $\eta^0$ . Do đó, các trạng thái vật lý trong  $Z_2$ -chặn lĩnh vực là  $H$  (chặn-CP),  $A$  (lẻ CP),  $H^\pm$  và  $h$  (chặn-CP).

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  $H^\pm, S^\pm, N_R^\alpha$  và  $\eta^0$  tương ứng;  $h_i^\alpha$  và  $\kappa v$  là các hằng số ghép đôi của  $\bar{N}_R^\alpha e_R^i S^+$  và  $H^+ S^- \eta^0$ , re, tương ứng ( $\tan \beta = \langle \bar{\Phi}_2^0 \rangle / \langle \bar{\Phi}_1^0 \rangle$ ), 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 hệ số tensor trong hình thức Passarino-Veltman [25]. Al-

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

kịch bản baryogenesis, 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 sự bổ sung thêm yếu tố triệt tiêu bởi  $y_i$ . Chúng đủ để tái tạo thang đo 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  $\mathcal{O}(1) r m_{N_R^{1,2}} \sim \mathcal{O}(1)$  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>μ</sub> sy, tương tác Yukawa cho các trường doublet có dạng được gọi là Type-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].