

1.05.03 – Física / Física das Partículas Elementares e Campos

ESTUDO SOBRE A NATUREZA TEÓRICA DE NEUTRINOS PESADOS DE MAJORANA NO LHC – RUN 2

Thábata Y. L. da Silva¹, Maria A. B. do Vale²

1. Estudante de IC da Universidade Federal de São João del-Rei UFSJ

2. DCNAT – Departamento de Ciências Naturais / Orientadora

Resumo:

Neste trabalho, foi proposto o estudo sobre a natureza teórica de neutrinos pesados de Majorana oriundos de colisões próton – próton com a energia do centro de massa igual a 13 TeV como ocorreram no LHC – Run 2 durante o ano de 2015.

A verificação das grandezas associadas à produção do neutrino pesado de Majorana é prevista em diversos modelos. O novo lépton neutro pesado, se for encontrado nos dados do LHC, poderá responder se a natureza teórica do neutrino pesado é um singleto (*VSM*), dubleto (*VDM*) ou “mirror” *FMFM* (*AXIAL* e *VECTOR*).

Com o intuito de diferenciar os modelos para massas do neutrino pesado entre 100 e 500 GeV, no processo $pp \rightarrow N+N+X \rightarrow e^\pm+W^\mp + e^\pm+W^\mp+X$, foram feitas as distribuições das variáveis mais utilizadas em física de altas energias, sendo elas a energia do elétron mais energético, a energia do elétron menos energético, o momento transversal do elétron mais energético e do menos energético, bem como a rapidez média dos elétrons.

Palavras-chave: Neutrino pesado de Majorana; modelos de extensão; física de altas energias.

Apoio financeiro: PIBIC/FAPEMIG

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: UFSJ

Introdução:

Na área de Física de Partículas existe um modelo, denominado de Modelo Padrão (MP) [1], que descreve as interações forte, fraca e eletromagnética que ocorrem entre os constituintes fundamentais da matéria.

Existem seis tipos de partículas em cada um destes grupos: os quarks *up*, *down*, *charm*, *strange*, *top* e *bottom*, e os léptons *elétron*, *múon*, *tau* e os seus respectivos neutrinos (*neutrino do elétron*, *neutrino do múon* e *neutrino do tau*).

Os bósons *W* e *Z* também regem o decaimento β , processo pelo qual um núcleo instável pode transformar – se em outro núcleo mediante a emissão de uma partícula β , alterando o seu número de prótons e número de nêutrons sem variar o número total de núcleons.

Ao aplicar as regras de conservação de momentos linear e angular, energia e carga elétrica no estudo desse decaimento em um núcleo de trítio (H_3), o mesmo se transforma em um núcleo de hélio, mais um elétron (e^-), e um neutrino do elétron (n_e).

Pauli confiou na regra da conservação do momentum angular e afirmou que, durante o decaimento do nêutron, uma terceira partícula que não pode ser detectada e produzida com spin de sentido contrário ao spin do elétron.

Existem duas possibilidades para a violação da lei de conservação do número leptônico: 1) os números leptônicos do elétron (L_e), do múon (L_μ) e do tau (L_τ) são violados separadamente, mas o número leptônico total $L = L_e + L_\mu + L_\tau$ é conservado. 2) não existem números leptônicos conservados; neste caso, os neutrinos massivos são partículas de Majorana.

Se o neutrino massivo for uma partícula de Majorana existe um mecanismo plausível de geração de massa para este neutrino capaz de conectar a massa infinitesimal do neutrino com a violação dos números leptônicos que ocorre em uma escala de massa M que é muito maior do que as massas dos léptons e dos quarks.

Considerando os modelos mais estudados, *Vector Singlet Model (VSM)* [2], *Vector Doublet Model (VDM)* [3] e *Fermion Mirror Fermion Model (FMFM)* [4] e como até o presente não há nenhum sinal de novos bósons de gauge adicionais, além dos conhecidos Z^0 , W^+ e W^- , pode-se fazer a hipótese de que as interações dominantes do novo neutrino pesado é governada pelos bósons de gauge usuais e pelo grupo de simetria padrão $Su_L(2) \otimes U_Y(1)$.

Como a produção única do neutrino pesado já foi explorada em outros trabalhos, neste projeto usamos o canal $p + p \rightarrow N+N + X$ de acordo com os modelos de extensão para procurar variáveis ou distribuições que possam fazer a distinção entre os modelos.

Metodologia:

A execução do projeto começou com a geração de eventos de produção do neutrino pesado de Majorana utilizando o pacote *CalcHep*. Os eventos foram gerados de acordo com os modelos de extensão do MP: *VSM*, *VDM* e *FMFM*, com uma energia de centro de massa igual a 13 TeV. Os eventos gerados pelo *CalcHep*, bem como as distribuições de variáveis foram posteriormente analisados com o auxílio do programa ROOT.

Amplamente utilizado na área de física de altas energias, o ambiente de programação ROOT [5] permite que eventos reconstruídos escritos em C++ sejam lidos e interpretados graficamente. Utilizando o ROOT fizemos os gráficos do discernimento dos canais.

Na primeira parte do trabalho foi realizada uma comparação entre as seções de choque dos canais $p + p \rightarrow N+N + X$, $p + p \rightarrow e + N + X$ e $p + p \rightarrow n_e + N + X$.

Utilizando o canal $p + p \rightarrow N+N + X$ foi possível obter a análise do comportamento das partículas que são a assinatura do neutrino pesado com o programa de geração de gráficos *gnuplot* [6]. Com o intuito de diferenciar os modelos para massas do neutrino pesado entre 100 GeV até 500 GeV foram feitas as distribuições das variáveis mais utilizadas na área experimental de física de partículas, sendo elas a energia do elétron mais energético, a energia do elétron menos energético, o momento transversal do elétron mais energético e do menos energético, bem como da rapidez média dos elétrons.

O sistema de coordenadas utilizado no ATLAS é um sistema cartesiano que segue a regra da mão direita. A origem deste sistema é definida pelo ponto nominal das colisões próton-próton no centro do detector. O eixo x positivo é definido como partindo do ponto de interação e apontando para o centro do LHC,

com o positivo de y apontando para cima. O ângulo azimutal Φ é medido em torno do eixo z, na direção do feixe, e o ângulo polar θ e o ângulo medido a partir do eixo z.

Com a energia e as componentes do momento de uma partícula designada, respectivamente, como E , p_x , p_y e p_z algumas das variáveis normalmente utilizadas são: Pseudo-rapidez (η) e o momento transversal, (p_T).

Nesta análise utilizamos também as variáveis referentes ao elétron mais energético (elétron de maior energia na assinatura do neutrino pesado de Majorana) e ao elétron menos energético.

Resultados e Discussão:

Os cálculos feitos neste trabalho, os modelos VSM, VDM e FMFM foram implementados inicialmente na plataforma CalcHep com os seguintes cortes: a massa invariante dos elétrons finais deveria ser maior do que 5 GeV, a pseudorapidez dos elétrons finais deveria ser entre -2.5 e 2.5 e a pseudo-rapidez dos W finais deveria ser entre -5 e 5.

Ao analisar os gráficos quando $M_N=200$ GeV e $M_N=400$ GeV para as variáveis analisadas, notou-se que as curvas seguem o padrão, em ordem crescente, dos modelos vão de *VSM*, *VDM* e *FMFM*, sendo o gráfico da rapidez do elétron mais energético do decaimento duplo do neutrino pesado de Majorana que possibilita a melhor distinção entre os modelos para esse novo lépton.

Conclusões:

Este projeto comparou a produção do neutrino pesado de Majorana no processo próton-próton com a energia do centro de massa igual a 13 TeV pelos canais $p + p \rightarrow N+N + X$, $p + p \rightarrow e + N + X$ e $p + p \rightarrow n_e + N + X$.

Foram analisadas algumas variáveis tais como a energia do elétron mais energético, a energia do menos energético, o momento transversal do elétron mais energético, da menos energético e a rapidez média dos elétrons conforme os modelos de extensão procurando verificar qual variável seria mais adequada a discriminação dos modelos.

Referências bibliográficas

[1] W. M. Yao et al., J. Phys. G.: Nuc. Part. Phys. **33** (2006) 1.

[2] J. W. F. Valle, Nucl. Phys. (Proc. Suppl) **11** (1989) 118. M. C. Gonzalez-Garcia, O.

J. P. Eboli, F. Halzen and S. F. Novaes, Phys. Lett. B **280** (1992) 313.

[3] T. Rizzo, Phys. Rev. D **34** (1986) 2076.

[4] J. Maalampi, K. Mursula and M. Roos, Nucl. Phys. B **207** (1982) 233; F. Csikor

and I. Montvay, Phys. Lett. B **324** (1994) 412.

[5] <http://root.cern.ch/drupal/>

[6] <http://www.gnuplot.info/download.html>

[7] F. M. L. Almeida, Y. A. Coutinho, J. A. Martins Simoes and M. A. B. do Vale,

Phys. Rev. D **62**:075004, (2000).