

Análise e Comparação da Hierarquia de Massas dos neutrinos e suas consequências no experimento DUNE.

Ricardo O. Pinto*, Pedro C. Holanda.

Resumo

Um dos grandes modelos da Física de Partículas é o Modelo Padrão, onde descreve três interações fundamentais do universo, e também classifica todas as partículas elementares conhecidas. Porém existem partículas, como o neutrino, que por apresentarem características e efeitos como a oscilação de neutrinos, fazem com que o modelo tenha que ser repensado ou substituído. Nesse cenário, está sendo construído o DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment), para analisar tais efeitos e características. Através do estudo prévio de mecânica quântica, e posteriormente da análise artigos de colaboração do DUNE tal assunto é abordado.

Palavras-chave:

Oscilação de Neutrinos, Hierarquia de Massas, DUNE.

Introdução

Existem três tipos de neutrinos (e seus respectivos antineutrinos) com sabores ν_α (com $\alpha=e,\mu,\tau$), onde estes são combinações lineares de autoestados de massa ν_i ($i=1,2,3$): $\nu_\alpha = \sum U_{\alpha,i}^t \nu_i$, onde U é a matriz de mistura. Nas oscilações de neutrinos o parâmetro relevante para a pesquisa é a diferença de massas quadrada $\Delta m_{ji}^2 = m_j^2 - m_i^2$, essa é exatamente a medida a qual esse estudo se baseia, pois com a determinação das diferenças de massas, ou seja, com a Hierarquia de Massas(HM) bem determinada, é possível descrever a matriz Hamiltoniana de massas(H_{mass}). Com isso é possível obter a matriz $H_{flavour} = U(H_{mass})U^t + V$, que faz com que parte da equação de Schrodinger que descreve a evolução dos estados do sistema seja determinada. No caso a equação de Schrödinger é dada por: $i\frac{\partial}{\partial t}\nu^{(\alpha)} = [H_{flavour}] \nu^{(i)}$. A matriz de mistura U é dependente dos ângulos de mistura na oscilação de neutrinos, que também são objetos de pesquisa no experimento DUNE. O objetivo deste estudo é, além de estudar mecânica quântica voltada para o caso, analisar a perspectiva de onde se encontra a discussão da HM, assim como analisar artigos colaborativos do futuro experimento a respeito do assunto abordado.

Resultados e Discussão

Hoje já é de conhecimento que $m_2 > m_1^2$, $\Delta m_{21}^2 \approx 7.6 \times 10^{-5} eV^2$ e que $\Delta m_{32}^2 \approx 2.5 \times 10^{-3} eV^2$ [1], mas ainda não se sabe se m_2 é mais leve ou mais pesada que m_3 . No primeiro caso (em que m_2 é mais leve) dizemos que a HM é normal e no segundo caso que a HM é invertida. Como o Hamiltoniano na base de massa (H_{mass}) depende apenas de Δm_{21}^2 , Δm_{32}^2 e E_ν (energia dos neutrinos envolvidos no processo), fica possível determinar essa matriz Hamiltoniana. A partir de artigos de colaboração do experimento DUNE, também foi possível analisar a sensibilidade esperada do experimento em relação à HM:

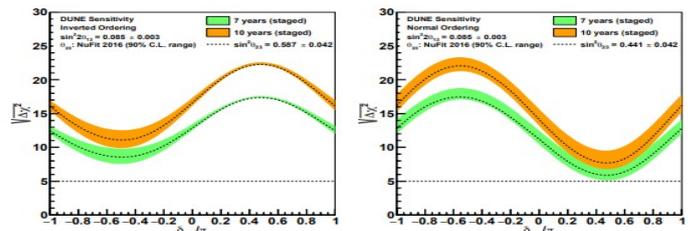


Figura 1. Sensibilidade do DUNE para HM como função do verdadeiro valor de δ . No gráfico da direita (esquerda) HM normal (invertida) assumida [2].

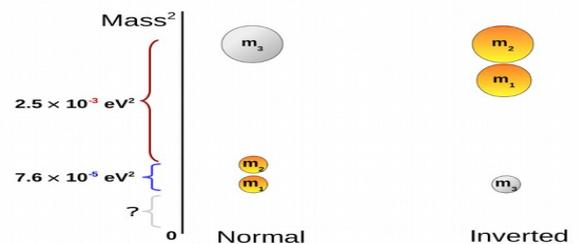


Figura 2. Imagem ilustrativa da Hierarquia de massas dos Neutrinos (site: http://www.hyper-k.org/en/physics/img/hierarchy_spheres_english.png, 14/07/2018, 20h).

Conclusão

A determinação da HM pode ser um importante passo para mostrar se o neutrino é sua própria antipartícula. Pode-se dizer que ν_μ e ν_τ , por exemplo, são semelhantes a respeito do conceito de partícula, eles tem apenas propriedades diferentes. Pode-se interagir com os neutrinos ν_α mas não temos informação sobre suas massas, contudo não podemos interagir diretamente com ν_i mas estes têm massas bem definidas.

¹ R. Acciarri et al. [DUNE Collaboration], [arXiv:1512.06148].

² D. Brailsford [DUNE Collaboration], arXiv:1804.04979 [physics.ins-det].

³ Thomson, Mark. Modern Particle Physics. Cambridge University Press, 2013. 546 p.