xxiv congresso de iniciação científica da unicamp
19a21out Campinas Brasil

ESTUDO DE EXPERIMENTOS DE DETECÇÃO DE NEUTRINOS

Aline Leite Vilela D'Oliveira*, Pedro Cunha de Holanda

Resumo

Nesse projeto foi calculada a seção de choque de alguns canais de detecção de neutrinos. A partir disso, foram estudados três experimentos atuais de detecção de neutrinos, o SNO (Sudbury Neutrino Observatory), aprofundando em neutrinos solares, o Super-Kamiokande, com enfoque em neutrinos atmosféricos, e o IceCube. Além disso, houve um breve estudo sobre a oscilação de neutrinos.

Palavras-chave

neutrinos, seção de choque, oscilação.

Introdução

Os neutrinos são partículas elementares do Modelo Padrão da física de partículas que interagem somente por meio da força fraca. Por isso só foram detectados em 1956, apesar de terem sido propostos em 1930 por Linus Pauli como resolução do problema de conservação de energia do decaimento beta.

Por sua difícil detecção, os neutrinos são as partículas fundamentais do modelo padrão das quais se tem menos conhecimento. Assim, existem muitos experimentos atuais que têm como objetivo detectá-los e descobrir mais sobre fenômenos como a sua oscilação ou o valor de sua massa.

Resultados e Discussão

Nos experimentos de detecção de neutrinos obtêm-se a quantidade deles que interage com o detector. Foi calculada a seção de choque teórica de alguns canais de detecção dos experimentos. Por meia dela, obtêm-se a seção de choque específica para cada experimento que, por sua vez pode ser associada à quantidade de eventos, fornecendo o fluxo de neutrinos.

A detecção de neutrinos solares ^{8}B no experimento SNO ocorre por três canais:

$\nu_e + d \rightarrow p + p + e^-$ (corrente carregada)

$\nu_{e,\mu,\tau} + d \rightarrow p + n + \nu_{e,\mu,\tau}$ (corrente neutra)

$\nu_{e,\mu,\tau} + e^- \rightarrow \nu_{e,\mu,\tau} + e^-$ (espalhamento elástico)

A figura 1 mostra o fluxo de neutrinos solares ^{8}B em cada canal de detecção do experimento. Observa-se nela que o fluxo do canal de corrente neutra, que possui a mesma sensibilidade para todos os sabores de neutrinos, é o mesmo que o previsto pelo Modelo Solar Padrão.

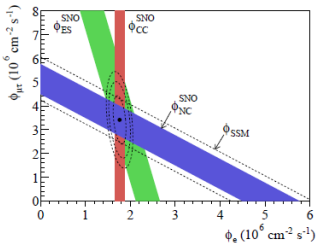

Figura 1. Fluxo de neutrinos solares ^{8}B de sabor muônico e tauônico vs fluxo de neutrinos solares ^{8}B de sabor eletrônico, retirada de [1]

O experimento Super-Kamiokande se destaca pela detecção de neutrinos atmosféricos, produzidos pela interação de raios cósmicos com a atmosfera terrestre. Sua detecção é feita pelo canal de corrente carregada para baixas energias, de 100 MeV até 10 GeV, assim como no SNO.

$\nu_l + N \rightarrow l^- + X, \quad \overline{\nu}_l + N \rightarrow l^+ + X, \qquad l = e, \mu, \tau$

Os neutrinos muônicos com energias maiores que 10 GeV podem ser detectados pela sua interação com a rocha ao redor do detector, que ocorre por meio de corrente carregada e produz múons de alta energia, interceptados pelo detector.

Como os neutrinos interagem fracamente com a matéria, o Super-Kamiokande detecta neutrinos produzidos em cima do detector, downward-going, os produzidos em baixo, upward-going. Observa-se na figura 2 uma diferença do fluxo de neutrinos muônicos upward-going e downward-going, devido à sua oscilação em neutrino tauônico.

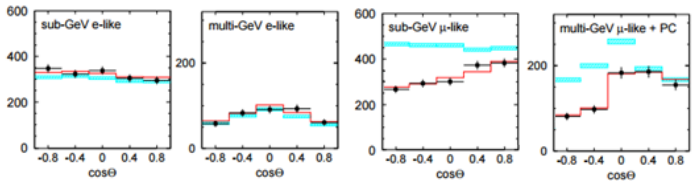

Figura 2. Distribuição angular azimutal para eventos de neutrinos eletrônicos (esquerda) e neutrinos muônicos (direita). As barras mostram a previsão desconsiderando a oscilação de neutrinos. Retirada de [2] (modificada)

O experimento IceCube Neutrino Observatory também detecta neutrinos atmosféricos e se destacou por ser o primeiro experimento a detectar neutrinos fora do sistema solar.

Conclusões

O Modelo Padrão da física de partículas não prevê a oscilação dos neutrinos, mas os experimentos SNO e Super-Kamiokande mostram que tal fenômeno ocorre. Assim, observa-se uma grande área a ser explorada na física de neutrinos. Além disso, os neutrinos detectados fora do sistema solar pelo IceCube são ideias para o estudo de fontes de raios cósmicos de alta energia, visto que eles interagem muito pouco desde sua formação até sua detecção.

Agradecimentos

Os autores agradecem o CNPq pelo apoio financeiro.

[1] AHMAD, Q. R. et al. Direct evidence for neutrino flavor transformation from neutral-current interactions in the Sudbury Neutrino Observatory. **Physical Review Letters**, v. 89, n. 1, p. 011301, 2002.

[2] SCHOLBERG, Kate et al. Atmospheric neutrinos at Super-Kamiokande. **arXiv preprint hep-ex/9905016**, 1999.