

Entrando de penetra: neutrinos e núcleos

Neutrinos são partículas notoriamente difíceis de serem estudadas: para cada 50 bilhões de neutrinos que passam pelo detector do MINEPvA, no Fermilab, apenas one, aproximadamente, interagirá deixando um rastro em nosso detector produzindo partículas que podemos detectar diretamente.

Apesar disso, estamos começando a empregar neutrinos para aprender mais sobre prótons e nêutrons e como eles se comportam quando estão juntos dentro do núcleo atômico. Já sabemos muito sobre os núcleos. Sabemos que são constituídos de prótons e nêutrons e sabemos o número de prótons e de nêutrons no núcleo de cada elemento químico. Há, entretanto, muitas coisas ainda a serem entendidas, especialmente acerca do que os prótons e nêutrons estão fazendo dentro do núcleo.

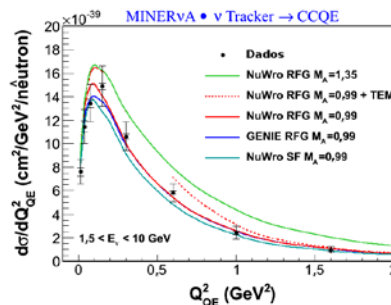
Podemos estudar o comportamento de prótons e nêutrons dentro do núcleo da mesma forma como poderíamos estudar como pessoas agem em uma festa. Elas entram no clima geral da festa ou se reúnem em pares? Poderíamos estudar isto enviando pessoas muito tímidas para a festa e observando quão rapidamente elas vão embora e se elas partem pela mesma porta que entraram.

Em um núcleo cada próton e nêutron reage apenas ao efeito médio dos demais ou eles, ocasionalmente, formam pares? Uma maneira de responder a essa questão é disparar neutrinos em direção a núcleos e medir as partículas que são produzidas nas ocasiões em que os neutrinos interagem com os núcleos dos átomos do nosso detector. Estudando essa partículas podemos tentar inferir o comportamento dos prótons e nêutrons.

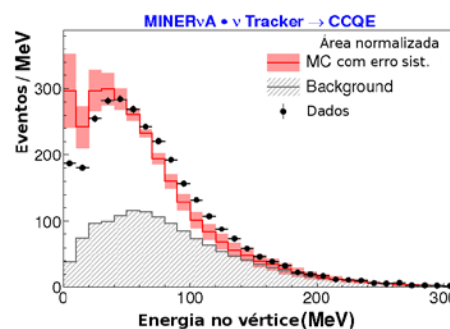
Para isto a colaboração MNERvA tem estudado uma das mais simples interações de neutrinos, o espalhamento quase-elástico, no qual um neutrino transforma-se em um múon (um “primo” mais pesado do elétron) ejetando, nesse processo, alguns prótons e nêutrons do núcleo. Observamos interações quase-elásticas tanto de neutrinos como de anti-neutrinos e as estudamos de duas maneiras: examinamos as direções e energias dos múons produzidos no espalhamento quase-elástico e verificamos que os dados concordam melhor com as previsões teóricas nas quais prótons e nêutrons passam parte de seu tempo dentro do núcleo formando um par em cujo caso esperaríamos que ambas as partículas sejam ejetadas do núcleo; procuramos, também, diretamente por essas partículas ejetadas e encontramos uma quantidade de energia consistente com a ejeção de duas partículas.

Esses resultados dão suporte a um modelo mais complexo do núcleo com pares de prótons e nêutrons continuamente juntando-se e separando-se e abrem a porta para estudos futuros do comportamento nuclear usando neutrinos.

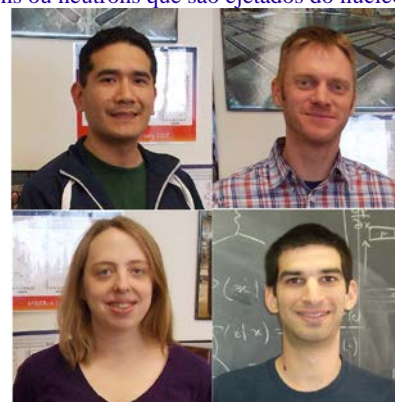
– Phillip Rodrigues (tradução de Hélio da Motta)



Probabilidade de um neutrino experimentar uma interação quase-elástica para diferentes valores de momentum transferido para o nucleon (Q^2) comparada a vários modelos teóricos. Os dados concordam melhor com um modelo no qual o neutrino pode interagir com múltiplos prótons ou nêutrons ao mesmo tempo.



Energia próxima do ponto de interação em eventos de interação quase-elástica de neutrinos. Os dados (em preto) correspondem, em média, a energias maiores que as previstas (em vermelho), o que sugere que o neutrino está, de fato, interagindo com múltiplos prótons ou nêutrons que são ejetados do núcleo.



Essa análise foi liderada por esses físicos. Fileira superior da esquerda para a direita: Arturo Fiorentini, CBPF; David Schmitz, U. Chicago. Fileira inferior da esquerda para a direita: Laura Fields, Northwestern; Phillip Rodrigues, U. Rochester