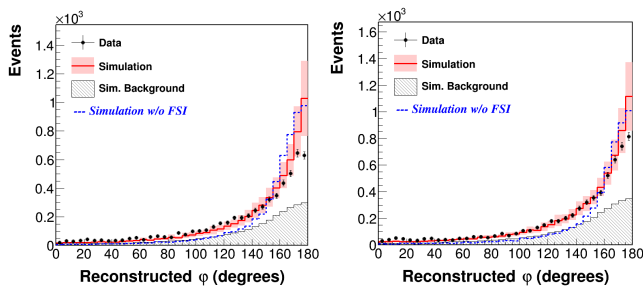


Estudando o comportamento coletivo no MINERvA

Neutrinos são as partículas elementares massivas mais abundantes no Universo. Eles não possuem carga elétrica e atravessam quase tudo, pois interagem fracamente com a matéria. Há três tipos de neutrinos e, contrariamente às expectativas, eles podem mudar de um tipo para o outro enquanto viajam. Esse fenômeno é chamado de oscilação de neutrinos e, por anos, os físicos se empenham em medir com que intensidade e com que frequência isto ocorre.

Nossa compreensão do processo depende crucialmente da medida da energia do neutrino. Não podemos medir os neutrinos propriamente; só podemos medir as energias das partículas que são produzidas depois da interação de um neutrino com um detector. Entretanto, medir a energia de um neutrino com precisão não é tão simples quanto possa parecer porque os experimentos com neutrinos utilizam núcleos pesados para que ocorram mais interações e o ambiente nuclear complica a situação.

Precisamos entender detalhadamente a interação do neutrino com o núcleo para termos uma medida precisa da energia dos neutrinos. Na faixa de energia de muitos experimentos de oscilação o processo de interação dominante é aquele em que um neutrino é espalhado por um nêutron do núcleo, produzindo um múon e um próton. No entanto, o próton produzido ainda pode interagir com outros nucleons e, assim, as distribuições das partículas nos estados finais podem diferir das distribuições das interações primárias devido à presença de outros prótons e nêutrons.



Estes gráficos mostram o ângulo entre o plano do neutrino-próton e o plano do neutrino-múon na interação com o chumbo (esquerda) e o ferro (direita).

Uma forma de ver como o núcleo altera o cenário é olhar para o ângulo entre os dois planos que definem a interação. Se pensarmos no plano que inclui a direção do neutrino e a direção do próton, e no plano que inclui a direção do neutrino e a direção do múon, esses dois planos devem diferir por um ângulo de 180 graus. O MINERvA pode medir com precisão o ângulo entre esses

dois planos, e podemos observar que esses eventos não ocorrem todos a 180 graus; nem mesmo perto.

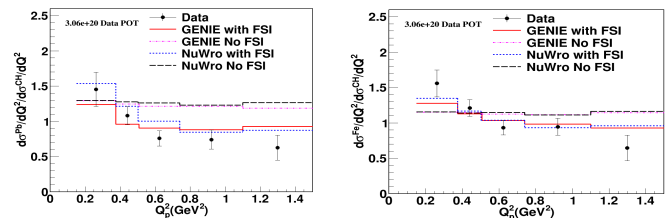
Se você é um professor você tem que lidar com esse tipo de situação todos os dias. Suponha que há um grande grupo de crianças e que você conhece o comportamento individual de cada uma delas. Entretanto, quando elas estão em um grande grupo, o comportamento de cada criança é afetado pelas outras e você precisa fazer ajustes em sua previsão. O comportamento de uma criança em um grupo será diferente do comportamento dela quando sozinha.

Imagine os prótons e os nêutrons como crianças que estão dentro de um núcleo fechado. A estimativa da energia de cada criança será diferente quando você levar em conta o fato de que elas perdem muita energia interagindo com as demais comparado a quando elas estão sentadas sozinhas em salas separadas.

Recentemente o MINERvA fez uma nova medição desse processo, incluindo todos os eventos que tenham um múon mais um próton e nenhuma outra partícula mais leve. A probabilidade de um neutrino interagir é medida em função do momentum transferido para o núcleo (chamado “Q²”), que é calculado a partir da medida da energia do próton.

O MINERvA realizou a medição simultaneamente para o carbono, ferro e chumbo. Um [estudo anterior](#) do MINERvA mediu esse processo em plástico (hidrocarboneto).

Se todas as crianças no núcleo se comportassem de forma individual a razão das seções de choque seria próxima a uma constante relacionada à razão da fração de nêutrons em cada alvo nuclear. Essas razões não apresentam um valor constante, como pode ser visto nos gráficos.



Estes gráficos mostram a razão entre a seção de choque no chumbo (esquerda) e no ferro (direita) e a seção de choque no plástico (hidrocarboneto).

Essa medida também mostra que a dependência com o material do alvo (chumbo ou ferro) não é bem descrita pelos modelos nucleares atuais e que os físicos teóricos

têm algum trabalho de casa para fazer antes que as previsões para experimentos de medição de oscilações fiquem precisas. Essa é a primeira vez que uma medida direta disso foi feita. Esse [resultado](#) foi enviado para publicação semana passada.



Esta análise foi conduzida pelas seguintes físicas: Minerba Betancourt (esquerda) e Tammy Walton (centro) do Fermilab e Anushree Ghosh (direita) da Universidade Técnica Federico Santa Maria.

Anushree Ghosh é pesquisadora em pós-doutorado na Universidade Técnica Federico Santa Maria.

Versão portuguesa: Vitor Cunha (CBPF)