

Investigação criminal: neutrinos não produzem sombra



Neutrinos que atingem o detector do MINERvA interagem com átomos do detector, produzindo novas partículas antes de fugirem do local. O experimento MINERvA empregou, recentemente, uma nova técnica de investigação para melhor rastrear esses neutrinos. Foto: Reidar Hahn.

Os cientistas solucionam os mistérios que envolvem neutrinos observando a interação deles com um detector – especificamente com os núcleos atômicos do material do detector. Na maior parte das vezes o neutrino sequer cumprimenta um núcleo mas, quando o faz, essa partícula extremamente leve e neutra pode se transformar em uma partícula carregada e arrancar coisas do núcleo enquanto foge, abandonando a cena do crime. Cabe aos cientistas do experimento MINERvA do Fermilab reconstruir a cena do crime e descobrir o que ocorreu durante a interação.

O Impacto

Os neutrinos são partículas extremamente leves que raramente interagem com a matéria. Essa relutância em interagir torna-os difíceis de serem estudados; porém, eles também podem fornecer a resposta para questões antigas sobre a criação do cosmo, de forma que vale a pena investigá-los. Isso é muito difícil já que os neutrinos não podem ser estudados diretamente. Ao invés disso, os cientistas precisam estudar os seus rastros. Quanto mais informação puder ser coletada sobre o significado destes rastros, melhor as medidas que podem ser feitas dos neutrinos – não apenas no MINERvA, mas também em outros experimentos de neutrinos.

Sumário

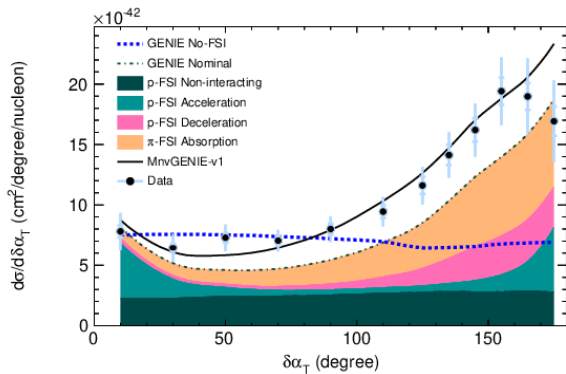
Os neutrinos são partículas extremamente leves e neutras e, geralmente, passam pela matéria sem chocar-se com ela. De vez em quando, entretanto, eles interagem com um núcleo e essa interação pode ser destrutiva: um lépton carregado (um elétron ou um múon, as vezes chamado de “elétron pesado”) é produzido enquanto constituintes do núcleo são expelidos. Os rastros deixados pelo lépton carregado e pelos fragmentos do núcleo são coletados por um detector de partículas.

Os cientistas do MINERvA estudam os rastros deixado pelas partículas para reconstruir a interação entre os neutrinos e os núcleos. Isto não tem sido uma tarefa fácil. Efeitos nucleares distorcem a maior parte das pistas deixadas pelo neutrino deixan os pesquisadores com informações complexas e aparentemente irrelevantes. Nem todos os neutrinos comportam-se mal mas, infelizmente, todos os neutrinos que nos interessam – aqueles com energia comparável à massa dos constituintes dos núcleos e que poderiam dar-nos informação acerca da criação do cosmo – seguem esse *modus operandi*.

Para reconstruir a cena do crime, os cientistas precisam ter uma compreensão completa de como operam os efeitos nucleares.

Tanto o lépton carregado quanto o fragmento do núcleo retêm digitais parciais do neutrino original e essas digitais parciais carregam informações sobre os efeitos nucleares.

Os pesquisadores descobriram que as digitais podem ser levantadas com uma nova técnica forense conhecida como “correlações de estado final”. Da mesma forma como a coroa solar é visível durante um eclipse solar, os detalhes finos dos efeitos nucleares tornam-se visíveis apenas quando outros efeitos são removidos.



O ângulo $\delta\alpha_T$ representa a direção do movimento transversal total do sistema constituído pelo lépton carregado e pela partícula expelida.

Para termos uma ideia da técnica de “correlações de estado final” vamos dar um passo atrás e olhar os eventos que produziram a cena do crime. Um neutrino esbarra em um núcleo. A interação produz duas outras partículas. Estas partículas saem em direções opostas deixando rastros no detector.

Na ausência de efeitos nucleares as duas partículas viajam em rotas aproximadamente opostas afastando-se da trajetória do neutrino incidente. Imagine um neutrino entrando pela, digamos, entrada sul de algum minúsculo prédio subatômico. Ele choca-se com um núcleo. O lépton carregado resultante foge por uma saída leste e a outra partícula escapa por alguma saída oeste.

Na ausência de efeitos nucleares, o lépton carregado vai para leste com a mesma determinação com que a outra partícula dirige-se para oeste. Ou seja, o momentum do lépton carregado na direção leste equilibra o momentum da outra partícula na direção oeste.

Entretanto, há efeitos nucleares, o que significa que o movimento para leste do lépton carregado não é simétrico ao movimento para oeste da outra partícula. Estas diferenças sutis de momento são pistas: elas refletem tudo que acontece dentro do núcleo, como uma sombra da cena do crime produzida por uma lanterna carregada pelo neutrino. Então, embora os neutrinos não produzam sombra, os efeitos nucleares produzem.

A técnica de “correlações de estado final” combina os efeitos nucleares com o desvio que as trajetórias das partículas apresentam em relação às trajetórias que ocorreriam no caso de iguais momentos leste-oeste.

Em uma investigação recente do MINERvA, os pesquisadores empregaram a nova técnica e fizeram uma reconstrução detalhada dos efeitos

nucleares. Os fenômenos subjacentes – como o estado inicial do núcleo, mecanismos adicionais de extração de partículas e interações de estado final entre a partícula expelida e o restante do núcleo – estão, agora, separados. Uma nova visão dos efeitos nucleares foi reportada em **Phys. Rev. Lett. 121, 022504**. Os interessados são encorajados a rever as conclusões do MINERvA.

Versão portuguesa: Hélio da Motta (CBPF)



Xianguo Lu (Universidade de Oxford) explica, durante o Seminário de Queijos e Vinhos do Fermilab de 2 de março de 2018, por que os neutrinos não produzem sombra. Foto: Kevin McFarland

Contato

Xianguo Lu
University of Oxford
xianguo.lu@physics.ox.ac.uk

Publicações

X.-G. Lu et al. [MINERvA Collaboration], "Measurement of Final-State Correlations in Neutrino Muon-Proton Mesonless Production on Hydrocarbon at $\langle E_\nu \rangle = 3$ GeV", Phys. Rev. Lett. 121, 022504 (2018).
doi:10.1103/PhysRevLett.121.022504