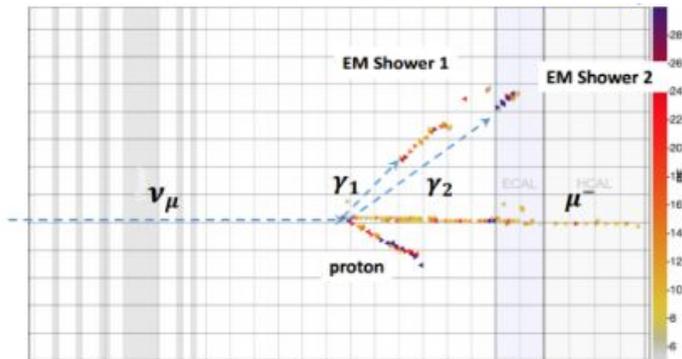


## A produção de Píons neutros no Experimento MINERvA e como lidar com identidades falsas.

Píons neutros têm sido os personagens principais de um romance sobre identidades falsas (mistaken identity) digna de um romance de Agatha Christie. Temos no nosso elenco de personagens os neutrinos, partículas sutis, difíceis de capturar. Estes vêm em três tipos, dois dos quais desempenham papéis muito importantes nessa história: o neutrino eletrônico e o neutrino muônico. Dada a dificuldade de capturar neutrinos, cientistas usam a seguinte técnica: estudar as partículas que resultam da interação de um neutrino com um núcleo no detector.



**Fig 1.** Sinal, este processo pode dar uma importante pista aos experimentos de oscilação de neutrinos, como NovA (Fermilab) e DUNE, em dois mistérios a se resolver. Existem duas características fundamentais a serem determinadas sobre neutrinos que interagem no detector: seu sabor e sua energia.

Uma das partículas criadas que deixam traços no detector é o píon. Píon podem ser eletricamente neutros ou não. Neste texto nós focamos em píons neutros que frequentemente se transformam em dois fótons, partículas de luz.

Também temos no elenco os elétrons. Uma partícula que todos conhecemos e amamos, assim como seu primo o múon. Um neutrino eletrônico é um neutrino que quando interage cria elétrons e um neutrino muônico cria muons.

Finalmente, uma surpresa: os neutrinos podem trocar de identidade. Um neutrino eletrônico pode converter-se em muônico e viceversa, a este comportamento damos o nome de oscilação de neutrinos.

Os experimentos de oscilação procuram neutrinos eletrônicos que originalmente eram neutrinos muônicos. Se sabemos que criamos apenas neutrinos músicos, a presença de um elétron no detector indica que um neutrino muônico oscilou para um neutrino eletrônico. A presença de um múon prova que não houve oscilação.

Como em toda bom mistério temos pistas falsas e, neste caso, identidades falsas. O píon é o culpado. Os píons neutros podem deixar sinais muito semelhantes aos deixados por um elétron. Assim quando se pensa estar vendo elétrons pode se estar, na verdade, vendo píons.

Como esse engano pode ocorrer? Em primeiro lugar cada pion neutro se decompõe em dois fótons. Digamos que um destes fótons não é detectado (por não ter energia suficiente, ou escapar da área do detector), e o outro se pareça muito com

um elétron, o que é muito comum. Esta sequência de acontecimentos pode fazer o experimento contar, erroneamente, o que foi o decaimento de um pion como a presença de um elétron. Assim uma interação de um neutrino muônico seria identificada como a interação de um neutrino eletrônico fruto de uma oscilação.

Para evitar esse erro de identificação os cientistas do experimento MINERvA mediram a frequência com que um neutrino muônico produz um múon e um píon neutro em uma interação com o núcleo. Esta medida é essencial na predição do número de casos de falsa identificação que podem ser esperados em grandes experimentos de oscilação como NOvA e DUNE.

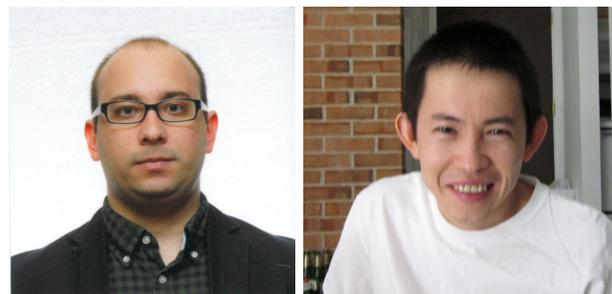
Medir a produção de píons neutros também contribui para o entendimento da relação entre a energia do neutrino incidente e a energia das partículas que vemos no detector. Um dos piores problemas enfrentado em experimentos de neutrinos ocorre quando um neutrino disfarça sua energia. Este problema ocorre com frequência quando partículas criadas pela interação são absorvidas dentro do núcleo alvo ou decaem em partículas diferentes. Medir a produção de píons neutros no experimento MINERvA é sensível a estes efeitos e auxilia na formulação de melhores modelos nucleares.

Assim como todos os colaboradores do experimento os prótons que interagem no detector se animam muito - alcançando novos níveis de energia - em muitos dos eventos estudados nessa análise.

Pela primeira vez temos uma medida onde ambos o píon neutro e o próton são observados. Este tipo de evento (píon-próton) nos informam sobre o comportamento de uma específica espécie de interação que ocorre dentro do núcleo. Estas medidas também contém informações sobre a energia e ângulos de ambos o píon neutro e o próton. Estas mediciones también contienen información sobre la energía y los ángulos tanto del píon neutro como del muón que lo acompaña.

Este tipo de informação é importante para o desenvolvimento de modelos teóricos assim como para experimentos de oscilação.

Recentemente a colaboração MINERvA submeteu um artigo para publicação ([link](#)). Este resultado foi apresentado no Fermilab no dia 07 de Julho pelo Dr. Ozgur Altinok ([link](#)), que liderou essa análise junto com o Dr. Trung Le, ambos da Universidade de Tufts.



**Dr. Ozgur Altinok (esquerda) e Dr. Trung Le (direita), líderes desta análise, ambos da Universidade de Tufts.**

Escrito por Barbara Yaeggy da Universidad Técnica Federico Santa María Chile, Traduzido para o Português por Mateus F. Carneiro da Universidade Estadual do Oregon