

Experimento impulsiona física de neutrinos no Brasil

13/08/2012 - Em março, o experimento internacional [Double Chooz](#) publicou na Physical Review Letters seus primeiros resultados, que incluíram uma importante descoberta relacionada à chamada oscilação de neutrinos. A descoberta foi considerada como um passo importante em direção à compreensão de fenômenos que poderão ajudar a explicar a origem da assimetria entre matéria e antimatéria no Universo.

Siga o [CIÊNCIAemPAUTA](#) no Twitter. Curta nossa página [SectiAmazonas](#) no Facebook!

De acordo com os cientistas brasileiros que contribuíram com o artigo, a participação brasileira no Double Chooz permitirá que o país desenvolva, no Brasil, a Física Experimental de Neutrinos, considerada uma das mais importantes áreas de pesquisa da atualidade.

Com o sucesso obtido nas primeiras medições, o Double Chooz, que começou a obter dados em 2011, continuará a aprimorar as pesquisas. Um novo artigo acaba de ser submetido à Physical Review Letters, também com participação da equipe brasileira, que envolve cientistas do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), da Universidade Federal do ABC (UFABC) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Um dos coautores do artigo que descreve os primeiros resultados do Double Chooz, Ernesto Kemp, professor do Departamento de Raios Cósmicos e Cronologia da Unicamp, explica que o experimento procura medir oscilações de neutrinos com precisão sem precedentes, ao observar antineutrinos produzidos em um reator nuclear em Chooz, na região das Ardenas, na França.

“O experimento obteve uma indicação de desaparecimento de antineutrinos do elétron durante sua propagação entre o reator nuclear de Chooz e um detector situado a 1 quilômetro de distância. Esse resultado nos permitiu estabelecer uma primeira medida do chamado ângulo de mistura θ_{13} ”, disse Kemp à Agência FAPESP.

A participação brasileira teve apoio da FAPESP na modalidade Auxílio à Pesquisa - Regular, com o projeto o "[Medidas de neutrinos em usinas nucleares](#)", coordenado por Pietro Chimenti, da UFABC. João dos Anjos coordenou a equipe do CBPF.

Chimenti e Anjos também são coautores do artigo, que teve participação de cientistas da França, Alemanha, Estados Unidos, Reino Unido, Japão e Rússia. Kemp é um dos pesquisadores principais do Projeto Temático "[Estudo dos raios cósmicos de mais altas energias com o Observatório Pierre Auger](#)", financiado pela FAPESP e coordenado por Carola Chinellato, também professora do Instituto de Física da Unicamp.

A medida do ângulo de mistura θ_{13} , segundo Kemp, é crucial para futuros experimentos destinados a medir a diferença entre oscilações de neutrinos e antineutrinos e a verificação de fenômenos que poderiam vir a explicar a origem da assimetria entre matéria e antimatéria no Universo.

"A grande conquista já foi realizada, ao provar que o ângulo θ_{13} tem valor diferente de zero. Havia muita especulação sobre a medida desse ângulo e, caso o valor fosse zero - indicando a ausência da mistura de neutrinos -, isso teria inúmeras implicações na física, especialmente em cosmologia e astrofísica de partículas. As próximas etapas da missão consistem em refinar cada vez mais esse valor, aumentando a precisão da medição do ângulo", afirmou Kemp.

A contribuição brasileira consistiu no desenvolvimento e construção de uma eletrônica capaz de medir a energia dos múons cósmicos que cruzam o detector - os múons são partículas da família dos léptons, como os elétrons e os taus.

"Isto possibilitará identificar e rotular múons altamente energéticos e candidatos a produzir nêutrons por espalação, uma das fontes mais importantes de ruído para eventos de neutrinos", afirmou Kemp.

A eliminação desse ruído permitirá reduzir os erros sistemáticos na medida de θ_{13} . A eletrônica foi projetada no CBPF e os módulos para o detector mais distante estão sendo construídos em cooperação com indústrias brasileiras e serão adicionados ao detector central em 2012 por ocasião de uma parada para manutenção, segundo Kemp.

Além do modelo padrão

A Física de Neutrinos teve grandes avanços na última década e a comprovação experimental de que neutrinos podem oscilar entre seus diferentes estados físicos e a implicação de que possuem massa constituem um dos resultados mais importantes da física de partículas na atualidade, consolidando uma forte evidência da existência de uma física além do chamado modelo padrão.

“O experimento já havia sido realizado anteriormente na mesma usina nuclear de Chooz, no fim da década de 1990, em busca desse fenômeno que chamamos de oscilação de neutrinos. Mas se descobriu que o instrumento não tinha sensibilidade suficiente para fazer uma medida do valor. Foi possível apenas estabelecer qual o valor máximo do ângulo caso existisse oscilação. O que fizemos em 2011 serviu para provar que esse valor é diferente de zero. Estamos nos aproximando de uma medida mais precisa”, disse Kemp.

O ângulo de mistura é fundamental para a compreensão do fenômeno de oscilação de neutrinos. Segundo Kemp, as interações de partículas elementares que produzem os neutrinos podem ocorrer em três “sabores” diferentes, que são determinados pelos léptons relacionados a cada neutrino: elétrons, múons ou taus.

“Em uma determinada interação, podem ser produzidos neutrinos com esses três sabores. Mas quando o neutrino está se propagando, quem governa esse transporte de um ponto a outro do espaço não é o sabor e sim a massa. Cada massa é feita de uma combinação de proporções diferentes dos três sabores. Essa proporção, por sua vez, é determinada pelo ângulo de mistura”, explicou.

Quando um antineutrino é produzido no reator nuclear e se transporta por uma determinada distância, os diferentes estados de massa são propagados em velocidades diferentes.

Os antineutrinos de mesma energia, mas com estados de massa menores, propagam-se mais rápido e vice-versa. “Durante a propagação, um fenômeno de interferência quântica entre as massas diferentes faz com que se aumente ou diminua a chance de detectar um neutrino de determinado sabor depois que ele percorre uma distância específica”, disse o pesquisador.

O experimento tem dois detectores localizados em distâncias escolhidas previamente e mede o fluxo de neutrinos onde a interferência apresenta um mínimo e um máximo, possibilitando a medida da intensidade deste efeito - ou seja, a proporção de mistura entre as diferentes massas.

“Por isso, construímos detectores em distâncias diferentes. Um deles é construído bem próximo ao reator. Ali, sabemos que podemos medir um fluxo de neutrinos previamente conhecido por meio de cálculos teóricos. Como a distância é pequena, a interferência não muda o sabor do neutrino. Construímos outro detector a uma distância maior, onde sabemos que a interferência causará mudança de sabor, isto é, oscilação”, disse Kemp.

Ao construir dois instrumentos idênticos em distâncias diferentes, os cientistas superaram o problema do chamado “erro sistemático”. “Construímos dois instrumentos idênticos, um para medir um fluxo esperado e outro para mostrar a supressão no fluxo de antineutrinos, a fim de observar a oscilação. Jamais vamos construir um instrumento perfeito, pois há limitações tecnológicas. Mas, com os dois instrumentos similares, podemos cancelar os efeitos sistemáticos que distorceriam os resultados”, disse.

Caminho aberto para novas descobertas

O próximo passo das pesquisas no Double Chooz consistirá em aprimorar a precisão da medida do ângulo de mistura para estabelecer um valor definido.

De acordo com Kemp, a principal consequência da descoberta de que o ângulo é diferente de zero está associada ao que os cientistas chamam de “fase de CP”. De acordo com Kemp, “C” é uma transformação de carga das partículas e “P” é uma transformação de paridade.

“Uma transformação de CP inverte o comportamento espacial das partículas, como em um espelho. ‘C’ troca a carga elétrica das partículas envolvidas na interação. A fase de CP determina quanto existe de assimetria nas interações fundamentais que levam à criação de matéria e antimatéria”, explicou Kemp.

A medida do ângulo de mistura θ_{13} é crucial para futuros experimentos que verifiquem a existência de violação de CP no setor leptônico. “A compreensão desse fenômeno nos abrirá as portas para explicar por que, quando se tem interações fundamentais gerando léptons, ocorre uma assimetria que leva o surgimento de matéria a superar o de antimatéria”, disse.

As observações científicas até hoje mostram que há muito mais matéria que antimatéria no Universo, mas até agora os pesquisadores não conseguiram explicar esse fato. As novas descobertas proporcionam condições para que se chegue a uma teoria mais efetiva sobre esse problema.

“Se o valor do ângulo θ_{13} fosse zero, jamais teríamos acesso a uma medida para medir a fase de CP. Seria definitivamente impossível desvendar um dia o mistério da desproporção entre matéria e antimatéria que observamos na natureza”, disse Kemp.

“Com nossos resultados, poderemos estabelecer critérios e experimentos para elaborar medidas e ter acesso experimental ao número de violação da fase de CP. Não será fácil, mas agora sabemos que não estamos em um beco sem saída científico”, disse.

O artigo *Indication of Reactor $\bar{\nu}$ e Disappearance in the Double Chooz Experiment*, de Ernesto Kemp e outros, pode ser lido por assinantes da *Physical Review Letters* em <http://prl.aps.org/abstract/PRL/v108/i13/e131801>

Fonte: Agência Fapesp, por Fábio de Castro