

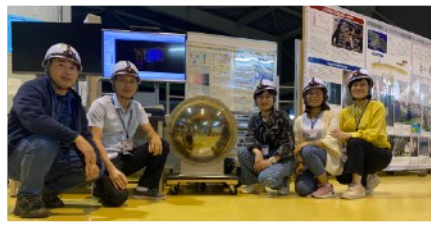
THÍ NGHIỆM T2K BƯỚC VÀO GIAI ĐOẠN MỚI VỚI SỰ TĂNG CƯỜNG ĐỘ NHẠY ĐÁNG KỂ CHO NGHIÊN CỨU HÀNG ĐẦU THẾ GIỚI VỀ DAO ĐỘNG NEUTRINO

– Bắt đầu lấy số liệu với chùm neutrino từ máy gia tốc được nâng cấp và máy dò mới –

(Thông cáo này được lược dịch bởi nhóm Neutrino, IFIRSE, ICISE với một số thông tin được bổ sung)

Thí nghiệm T2K

Là thí nghiệm neutrino quốc tế đặt tại Nhật Bản với hơn 500 thành viên từ 14 quốc gia và vùng lãnh thổ. Việt Nam là thành viên duy nhất từ Đông Nam Á tham gia thí nghiệm này từ năm 2017 với Viện khoa học và giáo dục liên ngành (IFIRSE, ICISE), viện Vật Lý (IOP, VAST), và đại học khoa học tự nhiên Hà Nội (HUS-VNU)

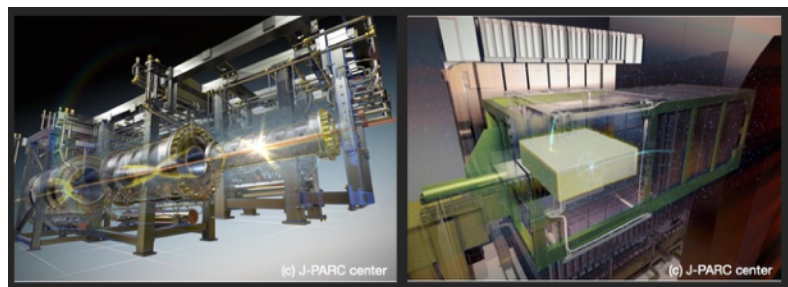


Các thành viên từ Việt Nam tham gia thí nghiệm T2K tại J-PARC 2023

Neutrino

Là hạt cơ bản (không thể bị phân chia) cấu thành nên thế giới vật chất, trung hoà về điện, spin bán nguyên, tương tác rất yếu với vật chất. Neutrino được phát hiện năm 1956, 26 năm sau đề xuất về sự tồn tại của nó bởi nhà vật lý W. Pauli. Có 3 loại neutrino đã được phát hiện là *electron-neutrino*, *muon-neutrino* và *tau-neutrino*. Neutrino có khối lượng, cỡ 1

Thí nghiệm T2K đã bắt đầu lấy dữ liệu mới với chùm tia neutrino tăng cường và các máy dò neutrino gần mới từ tháng 12 năm 2023. **Trung tâm KEK/J-PARC** đã thành công nâng cấp vòng chính (*main ring*) của máy gia tốc và đường dẫn (*neutrino beamline*) để tăng công suất tạo ra chùm tia neutrino. T2K cũng đã thành công nâng cấp các thiết bị đo tương tác neutrino của mình. **Chúng tôi đã thành công trong việc duy trì vận hành ổn định chùm tia với mức cao kỷ lục (~ 710 kW), tăng khoảng 40% so với trước khi nâng cấp. Hơn nữa, vào ngày 25/12/2023, chùm neutrino đã được vận hành liên tục ở mức 760kW, lớn hơn công suất chùm tia thiết kế ban đầu.** Hệ thống nam châm điện xung (ống điện từ “hình sừng”), trái tim của hệ thống sinh neutrino, cũng được nâng cấp. Dòng điện cấp vào ống điện từ “hình sừng” đã tăng từ 250 kA lên 320 kA. Điều này cho phép tăng thông lượng neutrino lên khoảng 10%. Ngoài ra, T2K còn lắp đặt các máy dò neutrino mới có thể đo tương tác neutrino với độ chính xác cao hơn trước. Các máy dò mới được cài đặt bao gồm **SuperFGD**, dùng để phát hiện các dấu vết xung quanh điểm tương tác neutrino bên trong máy dò, **Máy chiếu thời gian “góc rộng” (High-angle TPC)**, dùng để đo động lượng của các hạt phát ra trong một phạm vi góc rộng và **Máy đo thời gian bay (Time-of-Flight)**, dùng để phát hiện hướng đi và

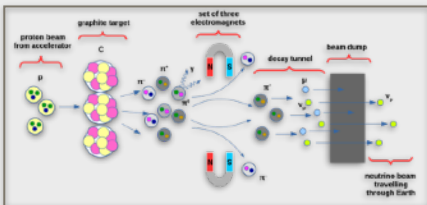


Hình 1: Hình ảnh minh họa của hệ thống ống điện từ “hình sừng”, trái tim của hệ thống sinh neutrino (trái) và các máy đo tương tác neutrino mới (phải)

phần tỷ khối lượng của proton, là một trong những phát kiến vĩ đại trong vật lý hạt cuối thế kỷ 20, cho thấy hiểu biết của chúng ta về thế giới hạt cơ bản là chưa hoàn chỉnh. Đã có 4 giải Nobel được trao cho các nghiên cứu về neutrino, nhưng cho đến nay neutrino vẫn còn nhiều bí ẩn (ví dụ cơ chế sinh khối lượng cho neutrino, liệu neutrino có vi phạm đối xứng CP, liệu chỉ có 3 loại neutrino hay có thể có nhiều hơn) và cũng là chìa khoá quan trọng để mở ra những hiểu biết của nhân loại về thế giới hạt cơ bản.

Tạo ra neutrino từ máy gia tốc

Chùm proton năng lượng cao, sau khi được gia tốc sẽ va vào bia (làm bằng graphite) và tạo ra các hạt meson thứ cấp. Những hạt meson này bay theo các hướng khác nhau và vai trò của hệ thống ống điện từ "hình sừng" ở đây là để "hội tụ" và hướng những hạt meson theo một hướng nhất định (về phía những máy dò neutrino). Những hạt này sau đó sẽ phân hủy để tạo ra neutrino và muon (có tính chất hoàn toàn tương tự như electron nhưng nặng hơn). Các muon sau đó bị giữ lại, để lại một chùm tia với chủ yếu là neutrino dùng cho việc nghiên cứu. Khả năng thay đổi chiều dòng điện của hệ thống "sừng" điện từ cho phép thí nghiệm có thể tạo ra chùm các hạt neutrino hoặc chùm các hạt antineutrino (tương ứng là sản phẩm từ sự phân rã của meson



Nguyên lý tạo ra chùm neutrino từ proton năng lượng cao

phân loại hạt đi qua. Các sự kiện neutrino đã được quan sát thành công trong quá trình chạy kỹ thuật của các máy dò mới sau khi bắt đầu vận hành chùm tia neutrino. Năm 2020, T2K đưa ra những gợi ý đầu tiên rằng sự đối xứng giữa vật chất và phản vật chất có thể bị vi phạm trong các dao động neutrino. Với những cải tiến này, T2K sẽ tiếp tục dẫn đầu thế giới trong việc nâng cao hiểu biết về các đặc tính của neutrino và làm sáng tỏ bí ẩn về sự thiếu hụt của phản vật chất trong vũ trụ.

Nội dung nghiên cứu

T2K là một thí nghiệm nghiên cứu *dao động neutrino* (*) bằng cách gửi neutrino được tạo ra tại Tổ hợp nghiên cứu máy gia tốc Proton Nhật Bản (J-PARC) ở Tokai, Ibaraki, tới các máy dò gần neutrino và máy dò Super-Kamiokande ở Kamioka, Hida, Gifu, cách đó khoảng 300 km. Thí nghiệm T2K bắt đầu lấy dữ liệu vào năm 2010 và quan sát trực tiếp sự xuất hiện neutrino loại electron lần đầu tiên trên thế giới vào năm 2013. Vào năm 2014, chúng tôi bắt đầu thực hiện các phép đo bằng cách sử dụng chùm phản neutrino để xác minh *sự vi phạm CP* (**) và vào năm 2020, chúng tôi thực sự tin tưởng lần đầu tiên các giá trị có thể bị hạn chế của *pha neutrino CP* (**). Để có được bằng chứng về sự vi phạm CP, cần có một phép đo chính xác hơn để loại bỏ 0 và ± 180 độ khỏi phạm vi có thể có của pha CP với độ tin cậy cao. Tuy nhiên, để hiện thực hóa được đi đầu này, cần phải tạo ra nhiều neutrino hơn và đạt được sự hiểu biết sâu sắc hơn về các tương tác giữa neutrino và hạt nhân.

Dao động neutrino (*)

Là một hiện tượng cơ học lượng tử, ở đó neutrino có thể thay đổi sang một loại neutrino khác khi nó di chuyển trong không gian (bao gồm môi trường vật chất). Phát hiện ra hiện tượng này cho thấy rằng neutrino có khối lượng và đã mang về cho GS. Takaaki Kajita giải thưởng Nobel vật lý năm 2015 (cùng với GS. Arthur Mc. Donald)

Vi phạm đối xứng CP (**)

Chữ "C" trong đối xứng CP đại diện cho "phép biến đổi C", hoán đổi hạt và phản hạt (ví dụ, hoán đổi electron và phản hạt của nó là positron), và "P" đại diện cho "phép biến đổi P", hoán đổi hướng lên, xuống, trái, phải, trước và sau đối với không gian, *như thể chúng là những hình ảnh phản chiếu qua gương*. Khi một hiện tượng vật lý xảy ra với cùng xác suất khi thực hiện "phép biến đổi C" và "phép biến đổi P", hiện tượng vật lý đó được nói là có "đối xứng

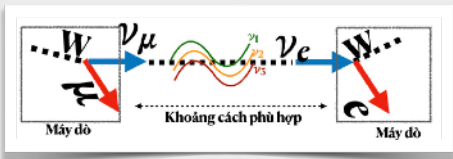
với điện tích dương và âm). Do neutrino tương tác rất yếu và các tính chất tương tác không được biết rõ, việc tạo ra một chùm neutrino với thông lượng rất lớn và được kiểm soát là cực kỳ quan trọng cho thí nghiệm. Bên cạnh đó, vai trò không thể thiếu là những máy dò rất lớn với độ nhạy rất cao để bắt được những tín hiệu rất nhỏ và cực hiếm của tương tác neutrino.

Hiệu công suất của máy gia tốc

Công suất của máy gia tốc được tính bằng cách nhân số lượng proton trên mỗi xung phát với điện tích của proton (1.6×10^{-19} C), với năng lượng của proton (30×10^9 eV), chia cho chu kỳ xung (1.36s). Như vậy công suất 700kW tương đương với $\sim 2 \times 10^{15}$ protons được gia tốc trong một xung.

Đo dao động neutrino

Đo dao động neutrino là đo xác suất chuyển đổi của loại neutrino này sang loại neutrino khác, từ đó ước tính các tham số vật lý liên quan. Để đo dao động neutrino, loại neutrino được tạo (ở đây từ máy gia tốc) và loại neutrino phát hiện ở các máy dò cần được xác định rõ ràng. Bên cạnh đó năng lượng của neutrino cũng cần được biết chính xác. Về nguyên tắc, để đo dao động neutrino chỉ cần 2 thành phần chính: (1) nguồn tạo neutrino và (2) máy dò neutrino đặt ở một vị trí hợp lý cách xa nguồn tạo neutrino. Trong trường hợp



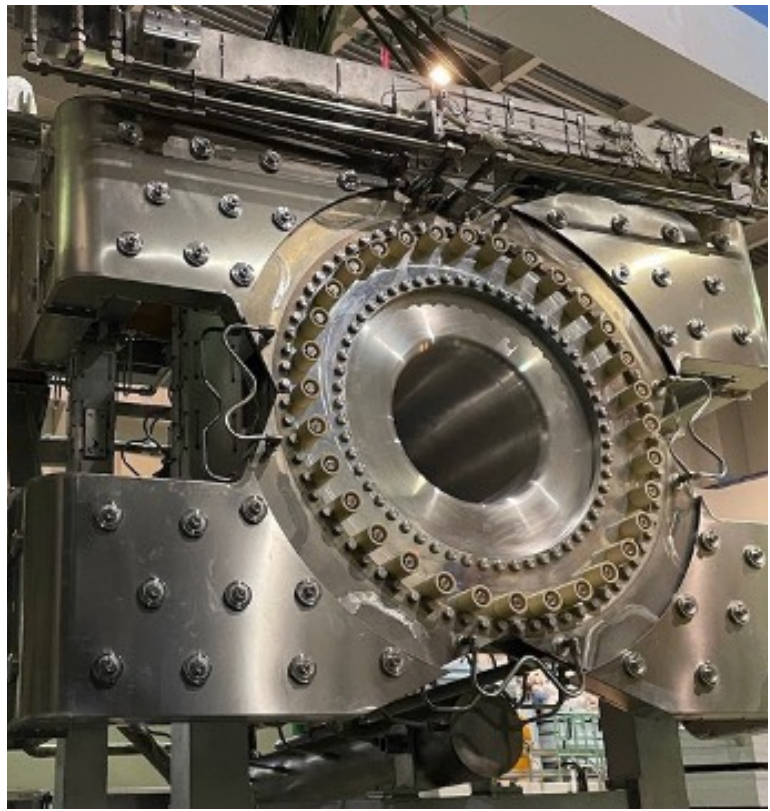
Nguyên lý đo dao động neutrino

CP". Khi một hiện tượng không tuân theo tính đối xứng CP thì gọi là "vi phạm CP". Sự vi phạm CP là một trong những điều kiện cần thiết để giải thích thực tế là vũ trụ hiện nay chủ yếu là vật chất (thay vì một sự cân bằng giữa vật chất và phản vật chất được suy đoán từ vật lý đương đại). Sự vi phạm CP đã được quan sát ở các hạt quark (những hạt cấu thành nên proton và neutron mà chúng ta quen thuộc), tuy nhiên nó quá nhỏ để có thể giải thích được lượng vật chất trong vũ trụ ngày nay. Do đó, sự vi phạm CP với neutrino được kỳ vọng sẽ mang lại một gợi ý quan trọng để giải mã bí ẩn đó.

Pha vi phạm đối xứng CP (*)

Pha CP là một tính chất cơ bản của "tương tác yếu" giữa các hạt cơ bản, được GS. Makoto Kobayashi và GS. Toshihide Maskawa giới thiệu để giải thích sự vi phạm CP trong tương tác của các hạt quark. Pha CP có thể nhận các giá trị trong khoảng từ -180 đến 180 độ, nhưng đối với các lepton như electron và neutrino, các giá trị này hoàn toàn chưa được biết đến cho đến gần đây. Thí nghiệm T2K đã loại trừ gần một nửa phạm vi giá trị có thể có của pha CP vào năm 2020 với độ tin cậy 99,7% (3 sigma).

Những nâng cấp chính

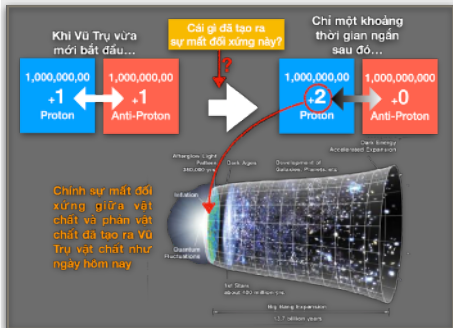


Hình 2: Ống điện từ "hình sừng" thứ 2 (trong hệ 3 ống điện từ) được nâng cấp với khả năng làm mát được cải thiện để có thể tạo ra neutrino bằng chùm proton cường độ cao.

T2K, khoảng cách này là 295km. Với thí nghiệm ở Mỹ, NOvA, khoảng cách này lên đến 810km. Bên cạnh đó thì các thí nghiệm thường có thêm các máy đo tương tác neutrino đặt gần nguồn tạo neutrino để đo thông lượng cũng như tương tác của neutrino với vật chất.

Sự bất đối xứng giữa vật chất và phản vật chất trong Vũ Trụ

Các định luật vật lý về cơ bản là đối xứng giữa vật chất và phản vật chất. Sau vụ nổ lớn Big Bang, người ta cho rằng số lượng vật chất và phản vật chất là như nhau. Khi vật chất và phản vật chất gặp nhau, chúng sẽ phân huỷ lẫn nhau. Vậy tại sao Vũ Trụ mà chúng ta thấy lại chỉ phần lớn là vật chất mà thôi?



Sự bất đối xứng giữa vật chất và phản vật chất trong Vũ Trụ.

Các nhà vật lý cho rằng câu hỏi lớn này liên quan đến sự vi phạm đối xứng cơ bản giữa vật chất và phản vật chất, gọi là đối xứng CP. Trên thực tế, vi phạm đối xứng CP đã tìm thấy ở các hạt quark. Tuy nhiên sự vi phạm này quá nhỏ để giải thích cho sự vượt trội của vật chất trong Vũ Trụ. Vi phạm CP ở neutrino có thể lớn hơn rất nhiều và có thể giải thích hoàn toàn cho sự vượt trội của vật chất. Năm 2020, T2K đưa ra những dấu hiệu

Thí nghiệm quốc tế T2K có sự tham gia của khoảng 570 nhà nghiên cứu từ 78 tổ chức nghiên cứu ở 14 quốc gia, đã bắt đầu một giai đoạn mới với chùm neutrino tăng cường và các máy dò gần mới. Neutrino được tạo ra từ phân rã của các pion hoặc các hạt khác được tạo ra từ tương tác giữa chùm proton và bia than chì. Trung tâm KEK/J-PARC đã nâng cấp vòng chính của máy gia tốc J-PARC, bao gồm cả nguồn điện cho nam châm chính, để tăng tốc tốc độ lặp lại của chùm proton từ 2,48 giây lên 1,36 giây, cung cấp nhiều proton hơn (với cùng một khoảng thời gian) cho mục tiêu tạo neutrino. Nhóm thực nghiệm T2K đã nâng cấp, sửa đổi, thay thế các thiết bị trong cơ sở chùm tia neutrino như bia graphite, ống điện từ “hình sừng”, hệ giám sát chùm tia. Chùm tia neutrino được vận hành từ tháng 11 năm 2023. Chùm neutrino được tạo ra ổn định với công suất chùm tia cao kỷ lục (khoảng 710 kW), tăng khoảng 40% so với trước khi nâng cấp. Hơn nữa, vào ngày 25/12, chùm neutrino đã hoạt động liên tục ở mức 760kW, lớn hơn công suất chùm tia thiết kế ban đầu. Trái tim của máy phát neutrino là các ống điện từ “hình sừng” (Hình 2). Dòng điện áp vào ba ống điện từ “hình sừng” đã tăng từ 250kA lên 320 kA bằng cách nâng cấp nguồn điện và các bộ phận khác, từ đó cải thiện hiệu suất hội tụ của các hạt mẹ của neutrino như pion được tạo ra tại bia graphite. Điều này cải thiện chất lượng của chùm neutrino truyền tới máy dò xa Super-Kamiokande đồng thời tăng số lượng neutrino được quan sát thêm khoảng 10%.

Ngoài ra, nhóm hợp tác T2K đã bắt đầu quan sát tương tác neutrino bằng cách sử dụng các máy dò gần neutrino mới (Hình 3)



Hình 3: Hình ảnh hệ máy dò neutrino mới

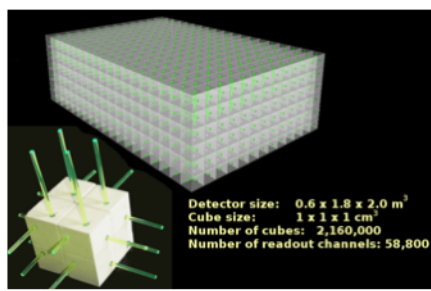


Minh họa sự phá vỡ đối xứng CP

vi phạm CP đầu tiên [Nature Vol. 580, pp. 339-344] và vẫn đang tiếp tục lấy và phân tích thêm số liệu để khẳng định hay chối bỏ dấu hiệu này. Những nâng cấp của T2K là rất quan trọng để có thể có được một phép đo chính xác nhất.

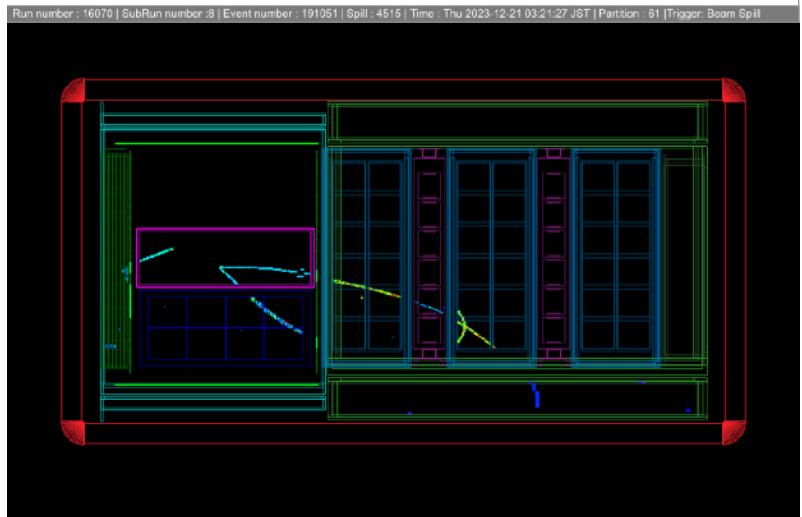
SuperFGD và nguyên lý truy vết neutrino

Chúng ta không thể nhìn thấy neutrino bằng mắt thường bởi nó không tham gia tương tác điện từ (với ánh sáng). Chúng ta truy vết neutrino thông qua việc quan sát các sản phẩm tạo ra trong tương tác yếu của neutrino với vật chất trong máy dò. Cụ thể tương tác của neutrino có thể tạo ra các hạt như lepton, proton, neutron, và photon. Đây là những hạt có thể ghi nhận và đo đạc được với các kỹ thuật vật lý hạt và hạt nhân. Một

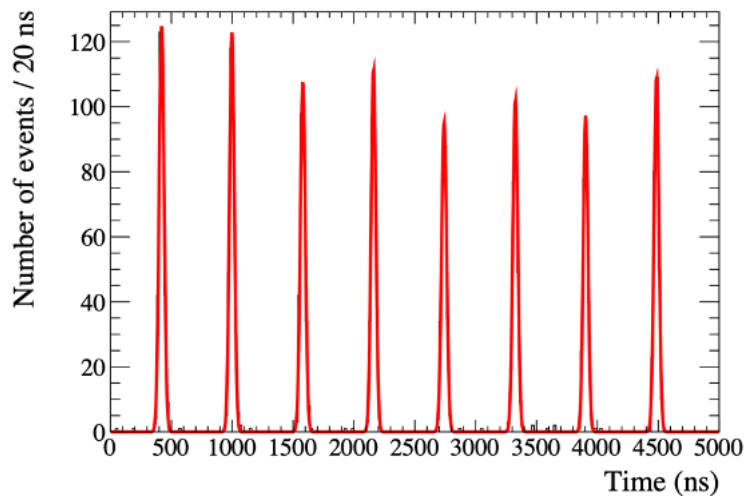


Hình ảnh SuperFGD với hơn 2 triệu khối lập phương cỡ 1cm³ vật liệu nhấp nháy.

tại Tòa nhà Giám sát Neutrino nằm cách 280m từ bia graphite tạo neutrino về phía hạ lưu. Tháng 10 năm 2023, ba loại máy dò mới đã được lắp đặt. Máy dò mới, SuperFGD với khối lượng khoảng 2 tấn, được đặt ở trung tâm của các máy dò được nâng cấp. SuperFGD có cấu trúc đột phá với khoảng 2 triệu khối lập phương kích thước 1cm³ với 3 lỗ nhỏ, được làm bằng nhựa nhấp nháy (*plastic scintillator*). Khoảng 56.000 sợi quang xuyên qua các khối từ ba hướng với cảm ứng nhạy quang (*silicon-based photomultiplier*) nằm ở đầu sợi. Các hạt tích điện có thể được quan sát với độ phân giải cao từ ba hình chiếu 2D và các dấu vết có thể được tái tạo lại với hình ảnh 3D. Bên dưới SuperFGD, **Phòng chiếu thời gian góc cao (HATPC)** đầu tiên đã được lắp đặt. HATPC là một máy dò sử dụng khí trơ với hai lồng kim loại tạo ra điện trường đồng nhất và sử dụng các mô-đun *Micromega* điện trở



Hình 4: Hình ảnh hiển thị của một tương tác neutrino trong máy dò mới SuperFGD với một vết (hạt) đi vào TPC góc cao bên dưới và một vết (hạt) khác đi vào hệ các máy dò khởi nguyên.



Hình 5: Cấu trúc thời gian của chùm beam neutrino được quan sát bởi một trong số các máy dò mới, *Time-of-Flight*.

trong các kỹ thuật phổ biến là dùng nhựa nhấp nháy (*plastic scintillator*). SuperFGD (FGD là viết tắt của *Fine-Grained Detector*) là máy dò đột phá với các khối lập phương nhựa nhấp nháy với kích thước 1cm^3 . Tổng cộng có hơn 2 triệu khối lập phương được ghép lại trong một thể tích chỉ cỡ 2.1m^3 . Tín hiệu khi neutrino tương tác, chỉ trong vài phần tỷ của giây, là vài chục đến vài trăm photon (lượng tử ánh sáng) sinh ra trong các khối nhựa nhấp nháy, truyền qua các sợi quang và ghi nhận bởi 56,000 sensor ánh sáng bằng silicon cực nhạy. Việc phát triển SuperFGD đã mang đến đến nhiều thách thức to lớn đến từ việc thiết kế, lắp ráp, hiệu chuẩn, hệ đọc tín hiệu điện tử... Những hình ảnh tương tác đầu tiên với loại máy dò đột phá này rất đáng khích lệ, hứa hẹn sẽ mang đến nhiều thông tin chi tiết hơn về tương tác của neutrino với vật chất.

Những câu hỏi có thể được trả lời trong thời gian tới:

- ♦ Dao động neutrino liệu có Vi phạm đối xứng CP?
- ♦ Phổ phối lượng của neutrino tuân theo thứ tự chuẩn hay thứ tự nghịch?
- ♦ Có tồn tại loại neutrino khác với 3 loại mà chúng ta đã biết hay không?
- ♦ Có tồn tại quá trình quá trình phân rã đôi beta không neutrino hay không? Nếu có, neutrino sẽ là một hạt Majorana.
- ♦ Liệu neutrino có phá vỡ những đối xứng cơ bản của tự nhiên như Lorentz, CPT, ...

(*resistive Micromegas modules*) làm hệ thống đọc tín hiệu. HATPC là một máy dò tân tiến cho phép tái tạo lại một cách chính xác quỹ đạo đường đi và đo chính xác động lượng của các hạt phát ra từ các tương tác neutrino trong SuperFGD. Cuối cùng, các máy dò xung quanh SuperFGD và HATPC là các máy dò Time-of-Flight. Máy dò này được sử dụng để xác định hướng của hạt và nhận dạng loại hạt. T2K bắt đầu các phép đo bằng chùm neutrino nâng cấp vào tháng 12 năm 2023 và đã thành công trong việc quan sát các sự kiện neutrino từ dữ liệu mới thu được (Hình 4, 5).

Triển vọng nghiên cứu

Với những cải tiến này, thí nghiệm T2K bước vào một giai đoạn mới với chùm neutrino được tăng cường và các máy dò mới mới. Máy gia tốc J-PARC và cơ sở thí nghiệm neutrino đang trong kế hoạch nâng cấp để tăng công suất lên tới 1.3 MW ($= 1300\text{ kW}$) trong khi tiếp tục cung cấp chùm tia neutrino cho thí nghiệm T2K. Cùng với các công cụ tạo neutrino được nâng cấp như ống điện từ "hình sừng" với hiệu suất hội tụ được cải thiện, cho phép quan sát số lượng tương tác neutrino (*trên một đơn vị thời gian*) nhiều gấp ba lần so với trước đây và do đó giảm sai số bắt nguồn từ các thăng giáng thống kê (*sai số thống kê*) trong dữ liệu. Ngoài ra, máy dò mới có thể đo với hiệu suất cao hơn các tán xạ góc lớn của các tương tác neutrino, đi đầu không thể thực hiện được với hệ máy dò trước đây. Điều này sẽ cho phép hiểu rõ hơn về tương tác neutrino và hạt nhân và do đó làm giảm sai số hệ thống trong các phép đo. Hơn nữa, máy dò Super-Kamiokande (*máy dò xa của T2K*) cũng đã cải thiện đáng kể hiệu suất phát hiện neutron bằng cách thêm *gadolinium* vào nước. Thí nghiệm T2K sẽ cải thiện đáng kể độ nhạy của các phép đo nhờ những nâng cấp này và tiến tới xác minh sự khác biệt trong hành vi của neutrino và phản neutrino. Máy gia tốc proton cường độ cao J-PARC và cơ sở thí nghiệm neutrino được kỳ vọng sẽ đóng một vai trò quan trọng trong thế hệ nghiên cứu neutrino tiếp theo (*thí nghiệm Hyper-Kamiokande đang được xây dựng*). Giai đoạn mới của thí nghiệm T2K là một bước quan trọng hướng tới thế hệ thí nghiệm tiếp theo và T2K được kỳ vọng sẽ tiếp tục dẫn đầu thế giới trong nghiên cứu neutrino nhằm làm sáng tỏ bí ẩn về thiếu hụt của phản vật chất trong vũ trụ của chúng ta.

Liên hệ

Dr. Ken Sakashita, Phát ngôn viên, KEK/J-PARC (Tokai, Japan)

Email: kensh@post.kek.jp / +81-29-284-4656

Dr. Kendall Mahn, Đ ồng phát ngôn viên, Đại học Michigan State (Michigan, Mỹ)

Email: mahn@msu.edu / +1-920-915-4417

Viện nghiên cứu KEK:

PR office, High Energy Accelerator Research Organization (KEK, Japan); Email: press@kek.jp / +81-29-879-6047

Viện nghiên cứu ICRR:

Makio Nakamura, PR Office, Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo (ICRR, Japan); Email: icrr-pr@icrr.u-tokyo.ac.jp / +81-80-4869-4539

Trung tâm J-PARC:

PR section, J-PARC; Email: pr-section@j-parc.jp / +81-29-284-4578

Phụ lục: Đóng góp của nhóm Neutrino, IFIRSE, ICISE cho thí nghiệm T2K

Bên cạnh những đóng góp liên quan đến xử lý số liệu để đo tương tác và dao động của neutrino, nhóm chúng tôi có những đóng góp trực tiếp cho sự vận hành của thí nghiệm và phát triển các hệ giám sát mới chùm proton trước khi va chạm vào bia graphite và tạo ra neutrino. Cụ thể:

- ◆ Nhóm tham gia vận hành hệ thống tạo chùm tia neutrino tại J-PARC. TS. Cao Văn Sơn là một trong các chỉ huy vận hành (operation leader) cơ sở thực nghiệm neutrino tại J-PARC. Các sinh viên của nhóm có nhiệm vụ trực hệ thống máy ngay tại J-PARC (Hình A1, A2).



Hình A1: Nhóm Neutrino, IFIRSE tại đường dẫn beam dưới lòng đất tại trung tâm J-PARC.



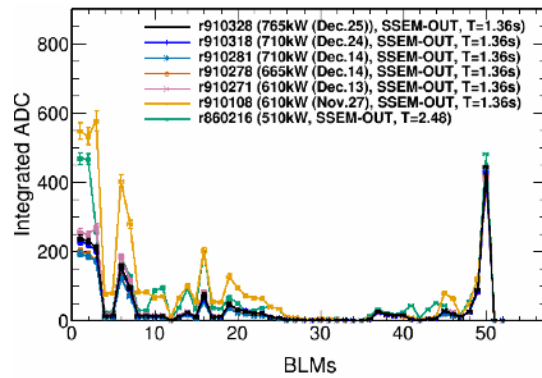
Hình A2: Nghiên cứu sinh tại IFIRSE tham gia vận hành tại trung tâm điều hành J-PARC

- ◆ Nhóm chịu trách nhiệm vận hành và xử lý số liệu của hệ giám sát sự mất mát của chùm proton có tên là BLM (*Beam Loss Monitor*) với 50 máy dò loại khí được đặt dọc 240m đường dẫn dưới lòng đất. Chúng

tôi có trách nhiệm kiểm tra dữ liệu thường xuyên và xác định liệu sự mất mát beam có chấp nhận được hay là không. Nó liên quan trực tiếp đến an toàn hạt nhân của cơ sở thí nghiệm Neutrino.

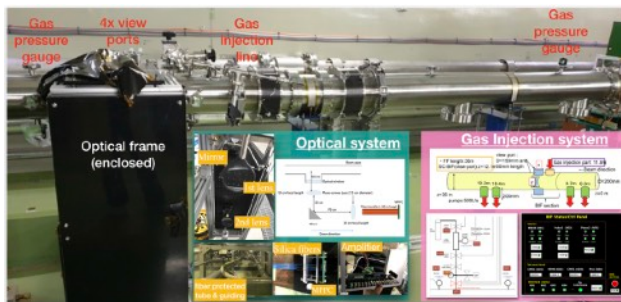


Hình A3: Một trong 50 máy dò khí mà nhóm chịu trách nhiệm giám sát

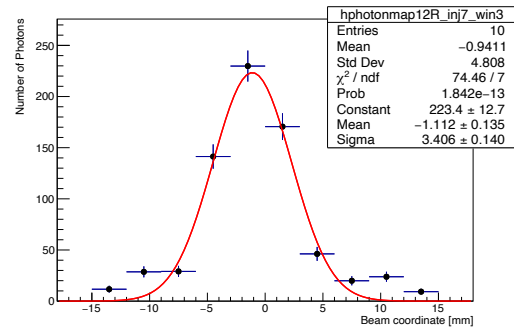


Hình A4: Số liệu xử lý của các máy dò giám sát sự mất mát của chùm proton.

◆ Nhóm phát triển một loại máy giám sát mới biên dạng của chùm proton có tên BIF (*Beam-Induced Fluorescence*) cùng với viện KEK và một số trường đại học khác ở Nhật Bản và Canada. Nhóm phụ trách chính phần đọc tín hiệu quang với sợi quang dài và sensor nhân quang silicon (Hình A5, A6). Hệ máy đã đo được biên dạng của chùm proton với sai số 0.1 mm



Hình A5: Hình ảnh máy giám sát mới BIF được đặt tại đường dẫn tia dưới lòng đất tại J-PARC

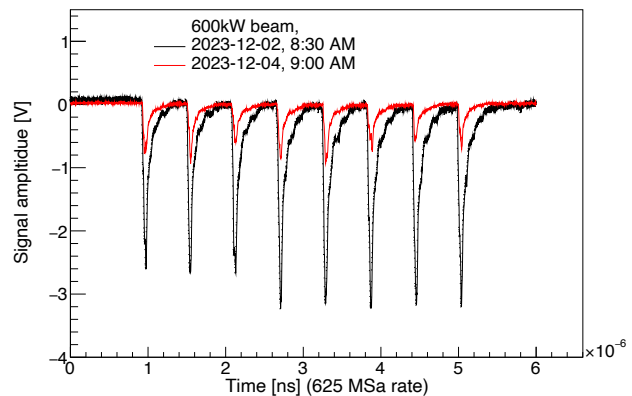


Hình A6: Biên dạng chùm proton thu được với vị trí tâm (-1.1 +/- 0.1 mm) và độ rộng (3.4 +/- 0.1 mm).

◆ Nhóm phát triển một loại máy dò giám sát mất mát chùm tia proton mới sử dụng sợi quang dài và đèn nhân quang chân không (PMT) có tên là O-BLM (*Optical fiber-based Beam Loss Monitor*). Nhóm cũng đã phát triển chương trình lấy số liệu riêng và đã thu thập số liệu với tốc độ 625 triệu điểm (625 MSamples) trên một giây (Hình A7, A8). Hệ đo vận hành độc lập và đã lấy được nhiều dữ liệu quý giá để hoàn thiện hệ thống giám sát mới này.



Hình A7: Hình ảnh PMT được phát triển ở IFIRSE và cài đặt ở J-PARC



Hình A8: Tín hiệu thu được từ sự mất mát của chùm tia proton

Liên hệ:

- Về viện IFIRSE, ICISE: **phó Viện Trưởng, Dr. Trần Thanh Sơn**, Phone: +84 (0)983 024 608
- Về vật lý và thí nghiệm neutrino: **Dr. Cao Văn Sơn**, Email: cvson@ifirse.icise.vn