

W CERN rozpoczęto napełniać argonem ProtoDUNE

18 kwietnia 2024

W CERN-ie rozpoczęło się napełnianie ProtoDUNE, prototypu Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), budowanego w USA gigantycznego wykrywacza neutrin. Napełnianie ciekłym argonem jednego z dwóch detektorów ProtoDUNE potrwa niemal dwa miesiące. Komora jest olbrzymia, ma rozmiary trzypiętrowego budynku. Napełnianie drugiej komory rozpocznie się jesienią. A wszystko po to, by przetestować technologie, które będą wykorzystywane w DUNE, rozciągającym się na 1300 kilometrów eksperymencie, w skład którego wchodzi zespół detektorów wielkości 7-piętrowych budynków mieszczących dziesiątki tysięcy ton argonu.



Główne cele ProtoDUNE to: przetestowanie procesów produkcyjnych i upewnienie się co do jakości uzyskanych komponentów, by uniknąć wszelkich ryzyk związanych z ich produkcją na potrzeby dalekiego wykrywacza DUNE (DUNE FD); zweryfikowanie procedur instalacyjnych oraz przetestowanie wszystkich połączeń pomiędzy elementami; zweryfikowanie obliczeń dotyczących projektu i jego wydajności poprzez prowadzenie eksperymentów z wykorzystaniem promieni kosmicznych; zebranie danych eksperymentalnych i zbadanie fizycznych reakcji detektora.

Jak łatwo zauważyć, w czasie wypełniania argonem, wnętrze detektora pozornie zmieniło kolor ze złotego na zielony. Dzieje się tak, gdyż światło LED wewnątrz detektora odbija się od jego ścian, wpada do argonu, gdzie następuje zmiana długości fali, dzięki czemu wszystko świeci na zielono.

Jeśli ProtoDUNE wydaje się imponujący, to co można powiedzieć

o o DUNE? Ten gigantyczny międzynarodowy eksperyment będzie składał się z trzech głównych elementów: źródła neutrin o wysokiej intensywności, które będą generowane w akceleratorze protonów w legendarnym Fermilab, bliskiego detektora oraz znajdującego się 1500 kilometrów dalej i położonego 1,5 kilometra pod ziemią potężnego detektora złożonego z czterech komór zawierających po 10 tysięcy ton argonu schłodzonego do temperatury -185 stopni Celsjusza.

Long Baseline Neutrino Facility (LBNF) to najbardziej intensywne źródło neutrin na świecie. Budowany na jego potrzeby liniowy akcelerator protonów Proton Improvement Plan II – w który zainwestowała Polska – będzie generował wiązkę protonów o mocy 1–1,2 MW. W LBNF protony te, o energiach 60–120 gigaelektronowoltów (GeV), będą zamieniane w wiązkę pionów i kaonów, które z kolei rozpadną się do neutrin. Wiązka musi być skierowana w stronę znajdującego się pod ziemią dalekiego wykrywacza. Dlatego całość umieszczono w sztucznym wzgórzu o wysokości niemal 18 metrów. A do roku 2030 moc wiązki protonów zostanie zwiększona do 2,4 MW.

Daleki wykrywacz, DUNE FD (od DUNE Far Detector) będzie składał się z czterech modułów, a w każdym z nich masa ciekłego argonu w przestrzeni roboczej – czyli tej objętości, z której analizowane będą dane – wyniesie co najmniej 10 000 ton. Każdy z tych modułów zostanie umieszczony w osobnym kriostacie o wymiarach 15x14x62 metry, w którym znajdzie się około 17 500 ton ciekłego argonu. Niedawno ogłoszono zakończenie prac nad kopaniem gigantycznych jaskiń na potrzeby DUNE FD.

Zawierający neutrina strumień cząstek wystrzelony z położonego 1300 kilometrów dalej LBNF trafi w argonowe detektory, a interakcja atomu argonu z neutrinem prowadzi do pojawienia się naładowanych cząstek jonizujących atom, co pozwoli naukowcom na odkrycie interakcji i dokonanie pomiarów. Dodatkowo pojawi się rozbłysk światła, który ułatwi wykrywanie interakcji.

Zanim jednak strumień z LBNF dotrze do DUNE FD, najpierw trafi do bliskiego detektora, czyli DUNE ND (Near Detector), znajdującego się w odległości 574 metrów od źródła neutrin. DUNE ND będzie służył jako urządzenie kontrolne eksperymentu, ograniczając liczbę błędów i mierząc spektra energii początkowych, niepodlegających oscylacjom, neutrin mionowych i elektronowych oraz ich antyneutrin. Porównanie spektrów energii neutrin w pobliżu ich źródła, zanim jeszcze dojdzie do jakichkolwiek oscylacji, oraz porównanie z wynikami pomiarów w DUNE FD pozwoli na usunięcie wiele niepewnych elementów z obliczeń. Ponadto w skład DUNE ND wchodzi między innymi detektor z gazowym argonem. Porównanie pomiarów interakcji neutrin z gazowym i z ciekłym argonem to kolejny ze sposobów na zwiększenie precyzji uzyskanych wyników.

DUNE to wielki międzynarodowy projekt, w którym udział bierze ponad 1400 naukowców i inżynierów z 36 krajów. Obok USA zaangażowane są Polska (Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet Warszawski, Politechnika Warszawska), Ukraina, Niemcy, Chiny, Chile, Kanada, Armenia, Brazylia, Francja, Wielka Brytania, Hiszpania, Szwecja, Indie, Iran, Izrael, Madagaskar, Peru czy Japonia. W pracach biorą udział najlepsze uczelnie na świecie, w tym MIT, Uniwersytety Harvarda, Oksfordzki, Cambridge oraz 8 kolejnych uczelni sklasyfikowanych na pierwszych 20 miejscach światowej czołówki.

Eksperyment ma rozpocząć prace w 2028 roku. Będzie badał neutrina, najpowszechniej występujące cząstki we wszechświecie, o których najmniej wiemy. A ten brak wiedzy wynika z faktu, że neutrina niemal nie wchodzi w interakcje z innymi cząstkami. Wszystko jest dla nich przezroczyste. W każdej sekundzie nasze ciała przebijane są przez biliony neutrin. Neutrino może przelecieć przez całą planetę, nie zderzając się z żadną inną cząstką.

DUNE ma badać neutrina i poznać ich naturę, by móc odpowiedzieć na trzy główne pytania. Różnice w zachowaniu pomiędzy neutrinami a antyneutrinami być może dadzą odpowiedź

na pytanie, czy to neutrino są odpowiedzialne za to, że wszechświat składa się z materii. Pracujący przy eksperymencie naukowcy będą chcieli też zaobserwować rozpad protonu, zjawisko, którego dotychczas nie obserwowano. Jeśli go zarejestrują i zbadają być może uda się zrealizować marzenie Einsteina o stworzeniu zunifikowanej teorii dotyczącej materii i energii. DUNE przyjrzy się też potężnym strumieniom neutrino emitowanym przez eksplodujące gwiazdy. To zaś pozwoli na obserwowanie w czasie rzeczywistym – z uwzględnieniem oczywiście czasu dotarcia strumienia do nas – procesu tworzenia się gwiazd neutronowych i czarnych dziur.

Koszty projektu są spore i ciągle rosną. W 2014 roku zakładano, że budowa LBNF i DUNE pochłonie mniej niż 1,9 miliarda USD i zostanie ukończona w 2028 roku. Obecnie koszty szacuje się na 3,2 miliarda dolarów, a to nie wszystko. Prace podzielono bowiem na dwa etapy i te 3,2 miliarda USD to koszt DUNE z 2 detektorami w DUNE FD. Dwa pozostałe zostaną dodane później. Obecne prognozy przewidują, że DUNE ruszy nie wcześniej niż w 2031 roku.

Osoby zainteresowane szczegółami eksperymentu, powinny sięgnąć po dwuczęściowe opracowanie „Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) Far Detector Technical Design Report”.

Autorstwo: Mariusz Błoński

Na podstawie: CERN.ch

Źródło: KopalniaWiedzy.pl