

Czego nie udało się złamać, a czego nie udało się znaleźć?

Miesiące wakacyjne to dla niektórych okres najbardziej wytężonej pracy. Nie, nie tylko dla rolników, ratowników WOPR, czy instruktorów windsurfingu. Również dla fizyków cząstek. W tym ostatnim przypadku powodem są serie letnich konferencji, na których albo prezentuje się nowe rezultaty... albo się nie istnieje. W przypadku dużych międzynarodowych zespołów wiąże się to dodatkowo z przejściem przez niezwykle wymagający proces wewnętrznego zatwierdzania analiz (późniejsze recenzowanie przed opublikowaniem to już drobnostka). A jeżeli te wyniki miałyby mieć decydujące znaczenie, to sprawa zaczyna być złożona jak kajak składany.

Z początkiem wiosny, po zimowym letargu, wystartował Wielki Zderzacz Hadronów (LHC). Zeszłoroczna rozgrzewka zapowiadała, że tym razem można zacząć na poważnie spodziewać się odkrycia czegoś nowego. Na wynik trzeba jednak poczekać, a w tym samym czasie pojawiła się zaskakująca informacja z innej strony. W pewnym sensie za sprawą głównego konkurenta LHC, czyli działającego pod Chicago Tevatronu. Tamtejszy system akceleratorów zasila wiązką neutrin odległy o 735 kilometrów tzw. daleki detektor eksperymentu MINOS (znajdujący się w kopalni Soudan; po drodze wiązka przechodzi jeszcze przez kontrolny tzw. bliski detektor). Jednym z głównych celów tego przedsięwzięcia jest badanie oscylacji neutrin poprzez obserwację ich zanikania po drodze, które jest interpretowane (a interpretacja ta jest jednocześnie weryfikowana) jako zmiana ich rodzaju (tzw. oscylacja).

Przez cztery lata produkowano wiązkę neutrin mionowych i osiągnięto [1] najdokładniejszy pomiar wartości bezwzględnej różnicy kwadratów masy neutrin drugiego i trzeciego $|\Delta m_{23}^2| = 2,32_{-0,08}^{+0,22} 10^{-3} \text{ eV}^2$ (ponieważ neutrina mieszają się, to stany własne masy są mieszkankami trzech rodzajów neutrin, odpowiadających trzem rodzajom leptonów: elektronowi, mionowi i taonowi). Analiza wskazuje jednocześnie na maksymalny kąt mieszania. W 2009 roku postanowiono jednak przyjrzeć się antyneutrinom. Pierwszą wersję wyniku opublikowano [2] na początku kwietnia: $|\Delta \bar{m}_{23}^2| = 3,36_{-0,40}^{+0,46} 10^{-3} \text{ eV}^2$ z kątem mieszania niekoniecznie maksymalnym (choć zgodnym z maksymalnym w granicy dokładności pomiarowej). Czyli okazało się, że wyniki dla neutrin i antyneutrin zgadzają się zaledwie z dwuprocentowym prawdopodobieństwem. Gdyby coś takiego się potwierdziło (tzn. gdyby potencjalna zgodność stała się, zgodnie z przyjętymi w tej dziedzinie standardami, mniej prawdopodobna niż jedna milionowa), oznaczałoby to, że masy neutrin i antyneutrin nie są jednakowe, czyli że łamana jest kombinowana symetria CPT (jednoczesna zmiana ładunku, parzystości i strzałki czasu), co byłoby równoznaczne z koniecznością przemyślenia na nowo podstaw fizyki!

Wróćmy jednak na letnie konferencje. Najważniejsza: EPS-HEP (*European Physical Society – High Energy Physics*) odbyła się w lipcu w Grenoble z satelitarną

dogrywką *Higgs Hunting 2011* w Orsay pod Paryżem. Jednak niewiele mniej ważna, tradycyjnie nazywana *Lepton-Photon 2011*, odbyła się miesiąc później w Bombaju. Właśnie na te dwie konferencje, dwa najbardziej „myśliwskie” eksperymenty LHC (ATLAS i CMS) przygotowywały wyniki na podstawie, odpowiednio, około 1,2 odwrotnego femtobarna danych zebranych przed EPS-HEP [3] oraz po uzupełnieniu o dodatkowe pół femtobarna danych zebranych w międzyczasie [4]. Używana jednostka jest (dla niespecjalistów) dość enigmatyczna, więc należy się wyjaśnienie. W fizyce mikroświata potencjalne zdarzenia mają określone prawdopodobieństwa. Ich miarą jest przekrój czynny, wyrażany w jednostkach powierzchni (femtobarn to właśnie bardzo, bardzo mała jednostka powierzchni), tak jakby w eksperymentach zderzały się kulki o określonym przekroju. Taki obrazek zupełnie nie odpowiada zderzeniom przy naprawdę wysokich energiach, ale jednostka spełnia precyzyjnie swoją rolę, chociaż nie tyle jest miarą pola przekroju, co prawdopodobieństwa właśnie. Jeżeli liczbę zderzeń wyrazimy w jednostkach odwrotności powierzchni, to wystarczy pomnożyć tę wielkość przez przekrój czynny, żeby otrzymać oczekiwaną liczbę przypadków danego typu, np. jeden femtobarn to około 100 bilionów oddziaływań w LHC, wśród których może ukrywać się kilka-kilkanaście przypadków z produkcją bozonu Higgsa, a następnie jego rozpadem w możliwym do wyselekcjonowania kanale dezintegracji. Ciekawe, że eksperyment MINOS, który zaprezentował już wspomniane wyniki [1, 2] na konferencji EPS-HEP, na konferencji LP2011 również przedstawił aktualizację po zwiększeniu ilości danych o czynnik trochę większy od półtora [4].

Dodanie dodatkowych danych okazało się mieć ten sam efekt. Obiecująca nadwyżeczka w analizach poszukujących bozonu Higgsa w lipcu, została w znacznej części zasypana w sierpniu, a CPT naprężone w lipcu, zrelaksowało się w sierpniu (najbardziej prawdopodobna wartość dla antyneutrin spadła z 3.36 do 2.62).

Jeżeli chodzi o bozon Higgsa, to zgodnie z oczekiwaniami udało się go, z prawdopodobieństwem 95%, wykluczyć w szerokim zakresie jego potencjalnej masy. Pozostało najbardziej oczekiwane okno w okolicach 130 mas protonu (ze względu na olbrzymie tło LHC jeszcze nie uzyskało wrażliwości w tym oknie) oraz obszar dla bardzo dużych mas. Jakichkolwiek przejawów fizyki poza Modelem Standardowym nie znaleziono.

Pytanie, czy największym odkryciem LHC będzie nieodkrycie niczego (rzeczywiście poddające w wątpliwość nasze rozumienie mikroświata), na razie pozostaje otwarte.

Piotr ZALEWSKI

[1] The MINOS Collaboration, arXiv:1103.0340v1 2/03/2011

[2] The MINOS Collaboration, arXiv:1104.0344v1 3/04/2011

[3] EPS-HEP: <http://eps-hep2011.eu>

[4] LP2011: <http://www.tifr.res.in/lp11>