

CO NOWEGO W CERN?

What's new at CERN?

Małgorzata Nowina Konopka

Streszczenie: W listopadzie 2022 r. CERN podpisał umowę ze Szpitalem Uniwersyteckim w Lozannie (CHUV) i firmą technologii medycznej THERYQ na opracowanie nowatorskiego urządzenia do radioterapii „FLASH”. Urządzenie – pierwsze tego rodzaju i oparte na technologii CERN – będzie wykorzystywać elektrony o bardzo wysokiej energii (VHEE) do leczenia nowotworów opornych na konwencjonalne metody, przy zmniejszonych skutkach ubocznych. Obecnie ok. jedna trzecia nowotworów jest oporna na konwencjonalną radioterapię.

Fizycy potrafią uzyskać w akceleratorach cząstek lekkie antyatomy, jak antyhel czy antydeuter. Dotychczas jednak nie zaobserwowano ich w przestrzeni kosmicznej. Tymczasem z modeli teoretycznych wynika, że antyatomy, podobnie zresztą jak antyprotony, mogą powstawać zarówno w wyniku zderzeń promieniowania kosmicznego z materią międzygwiazdową, jak i podczas wzajemnej anihilacji cząstek antimaterii. Sygnałów takich poszukuje m.in. zbudowany przez CERN spektrometr AMS (Alpha Magnetic Spectrometer) zainstalowany na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.

Airbus UpNext, spółka zależna należąca w całości do Airbusa, oraz CERN, Europejskie Laboratorium Fizyki Cząstek, rozpoczęły projekt mający na celu ocenę, w jaki sposób nadprzewodnictwo może przyczynić się do dekarbonizacji przyszłych systemów lotniczych. Demonstrator Super-Conductor for Aviation with Low Emissions (SCALE) ma na celu promowanie adaptacji i wdrażania technologii nadprzewodników w lotniczych systemach dystrybucji energii elektrycznej.

Bozon W, podstawowa cząstka przenosząca naładowane oddziaływanie słabe, był przedmiotem nowych precyzyjnych pomiarów jego masy w eksperymencie ATLAS w CERN. Wstępny wynik, przedstawiony w nowej notatce konferencyjnej zaprezentowanej na konferencji Rencontres de Moriond, opiera się na ponownej analizie próbki 14 mln kandydatów na bozony W, wyprodukowanych w zderzeniach proton-proton w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC), sztandarowym akceleratorze cząstek w CERN.

Abstract: In November, CERN signed a contract with the University Hospital of Lausanne (CHUV) and medical technology company THERYQ to develop a novel "FLASH" radiotherapy device. The device – the first of its kind and based on CERN technology – will use very high energy electrons (VHEE) to treat cancers that are resistant to conventional treatments, with reduced side effects. Currently, about a third of cancers are resistant to conventional radiotherapy.

Physicists can obtain light anti-atoms, such as antihelium and antideuterium, in particle accelerators. So far, however, they have not been observed in space. Meanwhile, theoretical models show that antiatoms, similarly to antiprotons, can be formed both as a result of collisions of cosmic radiation with interstellar matter, and during mutual annihilation of antimatter particles. Looking for such signals, e.g. the CERN-built AMS (Alpha Magnetic Spectrometer) instrument installed on the International Space Station. Airbus UpNext, a wholly owned subsidiary of Airbus, and CERN, the European Laboratory for Particle Physics, have launched a project to assess how superconductivity can contribute to the decarbonisation of future aviation systems. The Super-Conductor for Aviation with Low Emissions (SCALE) demonstrator aims to promote the adoption and implementation of superconductor technology in aviation electrical power distribution systems.

The W boson, a fundamental particle that carries the charged weak force, was the subject of a new precision measurement of its mass by the ATLAS experiment at CERN. The preliminary result, reported in a new conference note presented at the Rencontres de Moriond conference, is based on a reanalysis of a sample of 14 million W boson candidates produced in proton-proton collisions at the Large Hadron Collider (LHC), CERN's flagship particle accelerator.

Słowa kluczowe: Antymateria i ciemna materia, bozon W, Model Standardowy

Keywords: Antimatter, dark matter, boson W, Standard Model

Wstęp

CERN, czyli zlokalizowane pod Genewą Europejskie Centrum Badań Jądrowych jest międzynarodowym laboratorium prowadzącym badania w zakresie fizyki cząstek elementarnych, tj. podstawowych składników materii, z której składa się Wszechświat. Misją fizyków pracujących w CERN jest wyjaśnienie, dlaczego cząstki te trzymają się razem, tworząc niezwykle różnorodne i skomplikowane objekty, o bardzo szerokiej skali wielkości. Chcą także opisać historię Wszechświata od Wielkiego Wybuchu do chwili obecnej oraz wytłumaczyć wiele nierozwiązanych dotąd zagadek Natury.

CERN został założony w 1954 r. przez 12 krajów Europy Zachodniej, gdyż budżet żadnego pojedynczego państwa nie był w stanie udźwignąć olbrzymich kosztów związanych z budową i eksploatacją urządzeń umożliwiających realizację planowanych eksperymentów. Polska, jako jedyny kraj bloku wschodniego od 1963 r. miała status kraju obserwatora CERN. Po transformacji ustrojowej w 1991 r. została jego pełnoprawnym członkiem. Polacy brali udział w uruchomieniu akceleratora elektronów LEP i badaniu na nim bozonów W^+ , W^- i Z^0 , następnie w budowie wielkiego zderzacza hadronów LHC i uczestniczyli we wszystkich czterech wielkich eksperymentach: ATLAS (ang. A Toroidal LHC Apparatus), CMS (ang. Compact Muon Solenoid), LHCb (ang. Large

Hadron Collider beauty) oraz ALICE (ang. *A Large Ion Collider Experiment*).

Obecne badania prowadzone w CERN koncentrują się na precyzyjnych testach Modelu Standardowego i poszukiwaniu zjawisk Nowej Fizyki. Badacze pracujący w CERN mają nadzieję, że dzięki temu zrozumiemy naturę ciemnej materii i ciemnej energii, które stanowią główną część otaczającego nas Wszechświata.

Budowa wyrafinowanych instrumentów badawczych wymaga zastosowania pionierskich technologii, które wykraczają poza aktualnie dostępny zakres wiedzy technicznej. Technologie opracowane w CERN są transferowane do przemysłu, medycyny i innych dziedzin życia. Nie trzeba tu chyba przypominać o tym, że stworzona w CERN sieć WWW zrewolucjonizowała społeczeństwo. Niemniej rewolucyjny jest GRID, wykorzystujący moc komputerów na całym świecie.

Z CERN związanych jest obecnie ok. 550 Polaków, w tym ok. 80 osób zatrudnionych w CERN na etatach, 170 osób to różnego typu stypendyści i studenci z Polski, a pozostałe ok. 300 osób stanowią polscy użytkownicy CERN zatrudnieni w krajowych instytucjach. „Polskie grupy badawcze wchodzą obecnie w skład międzynarodowych zespołów wszystkich wielkich eksperymentów prowadzonych przy Wielkim Zderzaczu Hadronów LHC i wielu mniejszych przedsięwzięć naukowych związanych m.in. z badaniem struktury nukleonów i badaniem antymaterii” – mówi profesor Tadeusz Lesiak, przedstawiciel polskich naukowców w Radzie CERN. „Silną reprezentację stanowią także polscy fizycy-teoretycy wspomagający eksperymentatorów zaawansowanymi obliczeniami i rozwijający nowe modele teoretyczne próbujące uporządkować obraz świata wyłaniający się z bogatych danych doświadczalnych. Polacy brali także udział w tworzeniu aparatury badawczej pracującej w ośrodku, a polskie ośrodki obliczeniowe biorą udział w gromadzeniu i przetwarzaniu danych uzyskiwanych w eksperymentach”.

Regularną współpracę z CERN prowadzi ok. 10 polskich uczelni i instytutów badawczych, a w mniejszym zakresie współpracuje kilka innych podmiotów.

Grupy badawcze i uczeni z Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) uczestniczą w eksperymentach przy LHC – CMS, LHCb i ALICE — oraz w eksperymentach COMPASS, NA61/Shine i GBAR. Biorą też udział w przygotowywaniu nowych doświadczeń. Centrum Informatyczne Świerk jest węzłem obliczeniowym Tier2 dla eksperymentu LHCb, a pretenduje do roli Tier1. NCBJ dostarczył do CERN istotne elementy struktur przyspieszających nowego akceleratora Linac4 oraz akcelerator do eksperymentu GBAR.

Do CERN wyjeżdżały także liczne grupy polskich nauczycieli fizyki, a polscy uczniowie co roku uczestniczą zdalnie w międzynarodowych warsztatach organizowanych przez CERN. Polskie firmy zrealizowały dostawy to-

warów i usług, których wartość w okresie 30 lat wyniosła ponad pół miliarda złotych.

CERN, CHUV i THERYQ łączą siły, by stworzyć pierwszą na świecie radioterapię raka

CERN Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV) i THERYQ (grupa ALCEN) podpisały porozumienie w sprawie opracowania rewolucyjnego urządzenia o nazwie FLASH do radioterapii. Będzie ono wykorzystywać elektrony o bardzo wysokiej energii (**Very High Electron Energy** — VHEE) do leczenia nowotworów opornych na konwencjonalne metody leczenia. W porównaniu do dotychczasowych metoda daje znacznie mniejsze efekty uboczne. Urządzenie jest pierwszym tego rodzaju, opartym na technologii CERN. Gdy będzie gotowe, zostanie zainstalowane w CHUV.

Współpraca CERN – CHUV – THERYQ jest kolejnym przykładem, jak badania podstawowe prowadzone w CERN promują rozwój nowych technologii, zmieniających społeczeństwo, w szczególności poprzez współpracę z kluczowymi partnerami. Jest kamieniem milowym stanowiącym ważny krok naprzód.

Trójstronna umowa obejmuje opracowanie, planowanie, zgodność z przepisami i budowę pierwszego na świecie urządzenia do radioterapii zdolnego do leczenia dużych, głęboko osadzonych guzów za pomocą techniki FLASH. Urządzenie będzie zawierało kompaktowy akcelerator liniowy oparty na technologii CERN i zostanie wyprodukowane przez firmę THERYQ, która jest częścią działu opieki zdrowotnej firmy ALCEN.

Technika FLASH polega na wykorzystywaniu wiązek elektronów o bardzo wysokiej energii od 100 do 200 MeV, co pozwoli na leczenie wszystkich typów nowotworów zlokalizowanych do głębokości 20 cm w organizmie pacjenta. Zwartość urządzenia pozwala na stosowanie go w warunkach szpitalnych. Oprócz korzyści zdrowotnych dla pacjentów istotne znaczenie ma również obniżenie kosztów leczenia. Oczekuje się, że FLASH zacznie działać w ciągu dwóch lat, a pierwsze badania kliniczne zaplanowano na 2025 r.

Radioterapia jest jedną z głównych form leczenia raka, obok chemioterapii, chirurgii i immunoterapii. Obecnie jedna trzecia nowotworów jest odporna na konwencjonalną radioterapię. Metodę radioterapii FLASH wraz ze swoim zespołem zapoczątkował, kierownik oddziału radioterapii onkologicznej CHUV, prof. Jean Bourhis. Przyniosła ona imponujące wyniki w przedklinicznych badaniach na zwierzętach. THERYQ, spółka wydzielona z PMB-ALCEN, wspiera rozwój terapii FLASH od początku 2013 r., w szczególności poprzez długoletnią współpracę z CHUV.

Technologia VHEE FLASH ma kilka zalet oprócz możliwości dotarcia do głęboko osadzonych guzów. Wysokoenergetyczne elektrony mogą być skupione i zorientowane w sposób, który jest prawie niemożliwy

w przypadku promieni rentgenowskich, a urządzenia do radioterapii oparte na technologii akceleratorów elektronów CERN będą znacznie bardziej kompaktowe i tańsze niż obecne urządzenia do terapii oparte na protonach. CERN odpowiedział na wyzwanie wytworzenia dużej dawki bardzo wysokoenergetycznych elektronów w czasie mniejszym niż 100 milisekund, wymaganym w radioterapii FLASH, projektując unikalny akcelerator oparty na technologii CLIC (Compact Linear Collider).

„Częścią naszej misji w CERN jest transfer wiedzy i aktywnie pracujemy nad znalezieniem zastosowań dla naszych przełomowych odkryć poza domeną fizyki cząstek elementarnych z korzyścią dla ogółu społeczeństwa. Ta współpraca pokazuje, że technologie i wiedza CERN w połączeniu z silnym partnerstwem z ekspertami z innych dziedzin mogą rzeczywiście wywrzeć wpływ na komfort życia ludzi” – mówi Mike Lamont, dyrektor CERN ds. akceleratorów i technologii.

Współpraca ALICE szacuje, jak przezroczysta dla antymaterii jest Droga Mleczna W poszukiwaniu ciemnej materii

Międzynarodowa współpraca ALICE w artykule opublikowanym (12.12.2022 r.) w Nature Physics informuje, że zbudowany z antymaterii analog lekkiego jądra atomowego może podróżować na duże odległości w Drodze Mlecznej nie ulegając absorpcji. Odkrycie, uzyskane dzięki wprowadzeniu do modeli danych dotyczących jąder antyhelu wytworzonych w Wielkim Zderzaczach Hadronów (LHC), pomoże w poszukiwaniach antymaterii, która mogłaby pochodzić z ciemnej materii.

Lekkie jądra antymaterii, takie jak antydeuteron i antyhel, zostały wyprodukowane na Ziemi w akceleratorach cząstek, ale nie zostały jeszcze dokładnie zaobserwowane z kosmosu. W kosmosie takie antyjadra, podobnie jak antyprotony, mogłyby powstawać w zderzeniach promieni kosmicznych z ośrodkiem międzygwiazdowym. Ale nie tylko; mogą też powstawać, gdy hipotetyczne cząstki, tworzące ciemną materię przenikającą Wszechświat, anihilują się nawzajem.

Eksperymenty kosmiczne, takie jak np.: spektrometr magnetyczny – Alpha Magnetic Spectrometer – AMS, który został zmontowany w CERN i zainstalowany na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej – poszukują zatem lekkich jąder antymaterii w celu zbadania ciemnej materii. Tak będzie w przypadku przyszłej misji balonowej General AntiParticle Spectrometer – GAPS.

Aby przekonać się, czy ciemna materia jest możliwym źródłem wykrycia lekkich antyjąderek z kosmosu, fizycy muszą określić liczbę, a dokładniej „strumień” lekkich antyjąderek, które mają dotrzeć do Ziemi w pobliżu lokalizacji tych eksperymentów. Strumień ten zależy od takich parametrów jak dokładny typ źródła antymaterii w naszej Galaktyce, szybkość, z jaką wytwarza ono antyjadra, a także szybkość, z jaką antyjadra powinny

później zniknąć w wyniku anihilacji lub absorpcji, gdy napotkają normalną materię na swojej drodze do Ziemi.

To ostatnie dotyczy nowych badań przeprowadzonych w ramach współpracy ALICE. Badając, w jaki sposób jądra antyhelu-3¹ wytwarzane w zderzeniach ciężkich jonów z protonami w LHC oddziałują z detektorem ALICE, fizycy ze współpracy ALICE byli w stanie po raz pierwszy zmierzyć, szybkość, z jaką jądra antyhelu-3 znikają, gdy napotkają normalną materię. W tej analizie, jako normalna materia, z którą oddziałują antyjadra, służył materiał detektora ALICE.

Uzyskaną wartość tempa znikania fizycy z ALICE włączyli do publicznie dostępnego programu komputerowego GALPROP, który symuluje propagację w Galaktyce cząstek kosmicznych, w tym antyjąderek. Rozważano dwa modele strumienia jąder antyhelu-3 oczekiwanego w pobliżu Ziemi po podróży jąder ze źródeł w Drodze Mlecznej. Jeden model zakłada, że źródłem są zderzenia promieniowania kosmicznego z ośrodkiem międzygwiazdowym, a drugi opisuje je, jako hipotetyczne cząstki ciemnej materii zwane słabo oddziałującymi masywnymi cząstkami (Weakly Interacting Massive Particles WIMPs).

Następnie dla każdego modelu zespół ALICE oszacował przezroczystość Drogi Mlecznej dla jąder antyhelu-3, czyli zdolność Galaktyki do przepuszczania jąder bez absorpcji. Oszacowania dokonano dzieląc strumień uzyskany przy zniknięciu i bez zniknięcia antyjadra.

Dla modelu ciemnej materii badacze ALICE uzyskali przezroczystość na poziomie ok. 50%, podczas gdy dla modelu promieniowania kosmicznego przezroczystość wahała się od 25% do 90% w zależności od energii antyjadra. Te wartości przezroczystości oznaczają, że jądra antyhelu-3 pochodzące ze zderzeń ciemnej materii lub promieniowania kosmicznego mogą podróżować na duże odległości – kilku kiloparseków² – w Drodze Mlecznej bez wchłaniania.

„Nasze wyniki pokazują, po raz pierwszy na podstawie bezpośredniego pomiaru absorpcji, że jądra antyhelu-3 pochodzące z centrum naszej Galaktyki mogą dotrzeć do miejsc bliskich Ziemi” – mówi koordynator ds. fizyki ALICE, Andrea Dainese.

„Nasze odkrycia oznaczają, że poszukiwania lekkich jąder antymaterii z kosmosu stają się potężnym sposobem polowania na ciemną materię” – mówi rzeczniczkę ALICE, Luciano Musa.

CERN i Airbus współpracują w sprawie przyszłego czystego lotnictwa

CERN i Airbus UpNext, spółka w całości należąca do Airbusa, rozpoczęły innowacyjną współpracę w celu

¹ Jądra antyhelu-3 składają się z dwóch antyprotonów i jednego antyneutronu, antymaterii równoważnej odpowiednio protonowi i neutronowi.

² Jeden kiloparsek to tysiąc parseków. Jeden parsek to około 31 bilionów kilometrów.

zbadań potencjalnego zastosowania technologii nadprzewodzących opracowanych przez CERN w akceleratorach cząstek w systemach dystrybucji energii elektrycznej przyszłych samolotów napędzanych wodorem.

Technologie nadprzewodzące mogą radykalnie zmniejszyć wagę samolotów nowej generacji i zwiększyć ich wydajność.

Partnerstwo koncentruje się na opracowaniu demonstratora znanego, jako SCALE (Super-Conductors for Aviation with Low Emissions), łączącego doświadczenie CERN w technologiach nadprzewodzących z możliwościami Airbus UpNext w zakresie projektowania i produkcji innowacyjnych samolotów.

Jeśli oczekiwane plany dotyczące wydajności i niezawodności zostaną zrealizowane, to współpraca może osiągnąć ambitny cel, jakim jest lot w pełni zintegrowanego prototypu już w ciągu następnej dekady.

– „W swoich badaniach CERN przesuwa granice nauki i inżynierii oraz współpracuje z przemysłem, aby umożliwić innowacje, mające pozytywny wpływ na środowisko” – powiedział Raphaël Bello, dyrektor ds. finansów i zasobów ludzkich w CERN – „Nasze technologie mają potencjalne możliwości dostosowania się do potrzeb przyszłych rozwiązań w zakresie czystego transportu i mobilności, o czym świadczy umowa z Airbusem. To

partnerstwo jest dopiero pierwszym krokiem na naszej drodze współpracy z europejskim liderem w branży lotniczej. Pokazuje, jak bardzo cenimy doskonałość przemysłu naszych państw członkowskich”.

– „Naszą rolą w Airbus UpNext jest badanie pełnego potencjału technologii dla samolotów przyszłości oraz współpraca ze światowymi liderami w celu przygotowania się na tę przyszłość. Partnerstwo z wiodącym instytutem badawczym, takim jak CERN, który przyniósł światu wiele najważniejszych odkryć w dziedzinie fizyki fundamentalnej, pomoże przesuwać granice badań nad czystym lotnictwem podczas prac nad urzeczywistnieniem zrównoważonego lotnictwa” – powiedziała Sandra Bour-Schaeffer, dyrektor generalny Airbusa UpNext – „Opracowujemy już demonstrator nadprzewodnictwa o nazwie ASCEND (Advanced Superconducting and Cryogenic Experimental powertrain Demonstrator), aby zbadać wykonalność tej technologii dla samolotów napędzanych elektrycznie i hybrydowych. Połączenie wiedzy uzyskanej z naszego demonstratora i unikalnych możliwości CERN w dziedzinie nadprzewodników tworzy naturalne partnerstwo”.

– „Technologie nadprzewodzące napędzają niektóre z największych odkryć w fizyce wysokich energii, a zastosowane w systemach dystrybucji zasilania samolotów drastycznie zmniejszyłyby ich wagę i zwiększyły wydajność. CERN ma ponad 40-letnie doświadczenie w budowaniu systemów nadprzewodzących, które stanowią rdzeń istniejących i nowej generacji akceleratorów cząstek. Takie systemy wykazują znikomy opór dla przepływu prądu, dzięki czemu przenoszą znacznie większe natężenia niż tradycyjne, cięższe kable nieprzewodzące” – powiedział José Miguel Jimenez, kierownik działu technologii w CERN.

Eksperyment ATLAS poprawia wynik masy bozonu W

Bozon W, elementarna cząstka przenosząca słabe oddziaływania cząstek naładowanych, był przedmiotem nowego precyzyjnego pomiaru masy w eksperymencie ATLAS w CERN. Bozon W został odkryty w CERN 40 lat temu w eksperymentach na zderzaczach LEP. Jest cząstką elementarną pośredniczącą w oddziaływaniach słabych, wymienianą podczas zderzeń przez elektrony, neutrino i inne cząstki oddziałujące oddziaływaniem słabym. Występuje w dwóch podstawowych postaciach: cząstki W^+ i jej antycząstki W^- mających taką samą masę, a różniących się tylko ładunkiem elektrycznym. Odkrycie bozonu W pomogło potwierdzić teorię oddziaływania elektrosłabego, które łączy oddziaływanie elektromagnetyczne i słabe. Wraz ze swoim elektrycznie obojętnym odpowiednikiem, bozonem Z^0 , elektrycznie naładowany bozon W pośredniczy w oddziaływaniu słabym, odpowiedzialnym za pewną formę radioaktywności i inicjującym napędzaną przez Słońce



Fot. 1. CERN: Wysokotemperaturowy nadprzewodzący (HTS) kabel przesyłowy z tlenkiem baru i miedzi ziem rzadkich (określany również, jako REBCO) używany w CERN

Photo 1. High Temperature Superconducting (HTS) Rare-Earth Barium Copper Oxide (also referred to as REBCO) power transmission cable used at CERN

reakcję syntezy jądrowej. Teoria ta jest obecnie kamieniem węgielnym Modelu Standardowego fizyki cząstek elementarnych. Naukowcy z CERN, którzy dokonali odkrycia, otrzymali za nie w 1984 r. Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki. Od tego czasu w eksperymentach na zderzaczach cząstek w CERN i w innych miejscach coraz dokładniej mierzono masę bozonu W. Wielkość ta jest ważna, gdyż w Modelu Standardowym masa bozonu W ściśle wiąże się z siłą oddziaływań elektroslabych, a także z masami najcięższych cząstek elementarnych, w tym bozonu Z, kwarka górnego i bozonu Higgsa. W tej teorii masa bozonu W jest oszacowana, jako 80354 mln elektronowoltów (MeV), z niepewnością 7 MeV.

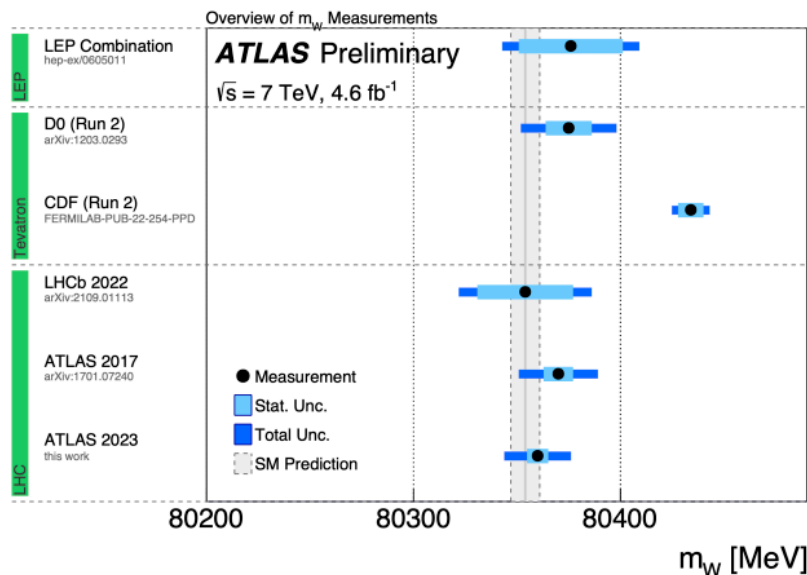
W 2017 r. ATLAS dokonał pierwszego pomiaru masy bozonu W, którą wyznaczono na podstawie próbki bozonów W zarejestrowanej przez ATLAS w 2011 r., kiedy LHC pracował przy energii zderzenia 7 TeV. Uzyskano wtedy masę bozonu W na poziomie **80370 MeV**, z niepewnością 19 MeV.

Wynik ten reprezentował najdokładniejszą wartość masy bozonu W, jaką kiedykolwiek uzyskano w pojedynczym eksperymencie, i dobrze zgadzał się z przewidywaniami Modelu Standardowego i wszystkimi wcześniejszymi wynikami eksperymentów, w tym z eksperymentów na Zderzacz Elektron-Pozyton (LEP), poprzedniku LHC w CERN.

Każde odchylenie zmierzonej masy od przewidywań Modelu Standardowego byłoby wskaźnikiem nowych zjawisk fizycznych, takich jak nowe cząstki lub oddziaływania. Aby je rejestrować, pomiary masy muszą być niezwykle precyzyjne.

W zeszłym roku współpraca CDF w Fermilab ogłosiła jeszcze dokładniejszy pomiar, oparty na analizie pełnego zestawu danych zebranych w Tevatron. Wynik, 80434 MeV z niepewnością 9 MeV, jednak znacznie różnił się od przewidywań Modelu Standardowego i innych wyników eksperymentalnych, co wymagało kolejnych pomiarów, aby spróbować znaleźć przyczynę różnicy.

ATLAS ponownie przeanalizował próbkę bozonów W z 2011 r., poprawiając dokładność poprzedniego pomiaru. Uzyskana nowa masa bozonu W, **80360 MeV** z niepewnością 16 MeV, jest o 10 MeV mniejsza niż poprzedni wynik ATLAS i o 16% dokładniejsza. Wartość ta jest zgodna z Modelem Standardowym oraz z wszystkimi poprzednimi pomiarami masy bozonu W, a ponadto jest od nich dokładniejsza. Wyjątek stanowi jeden – najnowszy pomiar z eksperymentu CDF w Tevatron, dawnym akceleratorze w Fermilabie.



Fot. 2. Porównanie zmierzonej wartości masy bozonu W z innymi opublikowanymi wynikami. Pionowe paski pokazują prognozę Modelu Standardowego, a poziome paski i linie pokazują statystyczną i całkowitą niepewność wyników (fot.: CERN)

Photo 2. Comparison of the measured value of the W boson mass with other published results. The vertical bands show the Standard Model prediction, and the horizontal bands and lines show the statistical and total uncertainties of the results (photo: CERN)

W ostatnich badaniach zespół ATLAS wykorzystał zaawansowaną technikę dopasowywania danych w celu określenia masy, a także nowsze, udoskonalone wersje tak zwanych funkcji rozkładu partonów protonu. Funkcje te opisują rozdzielanie pędu protonu między kwarki i gluony będące jego składowymi. Poza tym ATLAS zweryfikował teoretyczny opis procesu produkcji bozonu W za pomocą dedykowanych przebiegów proton-proton LHC.

Wstępny wynik został przedstawiony w nowej nacie konferencyjnej zaprezentowanej na konferencji w Rencontres de Moriond. Opiera się na ponownej analizie próbki 14 mln kandydatów na bozony W, wyprodukowanych w zderzeniach proton-proton w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC).

„Z powodu niewykrytego neutrina w rozpadzie cząstki pomiar masy W należy do najtrudniejszych precyzyjnych pomiarów wykonywanych w zderzaczach hadronów. Wymaga to niezwykle dokładnej kalibracji mierzonych energii i pędów cząstek oraz starannej oceny i doskonałej kontroli niepewności modelowania”, mówi rzecznik ATLAS, Andreas Hoecker. „Ten zaktualizowany wynik zespołu ATLAS zapewnia rygorystyczny test i potwierdza spójność naszego teoretycznego rozumienia oddziaływań elektroslabych”.

Oczekuje się dalszych pomiarów masy bozonu W z ATLAS oraz CMS LHCb, które również niedawno zważyły bozon.

dr Małgorzata Nowina Konopka,
Kraków