



Warszawa, 3 lipca 2026

Super-Kamiokande uzyskało pierwszą przesłankę wskazującą na istnienie rozproszonego tła neutrin z supernowych

Najnowsze wyniki badań współpracy Super-Kamiokande zostały przedstawione 25 czerwca 2026 roku podczas konferencji Neutrino 2026: XXXII International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics, która odbyła się na Uniwersytecie Kalifornijskim w Irvine w USA. W pracach Super-K bierze udział pięcioro badaczy Wydziału Fizyki UW: dr Magdalena Posiadała-Zezula, dr Yashwanth S. Prabhu, dr Haradhan Adhikary, Mariusz Girguś i Prithivraj Govindaraj.

Współpraca Super-Kamiokande (Super-K) po raz pierwszy na świecie uzyskała przesłankę wskazującą na istnienie rozproszonego tła neutrin z supernowych (Diffuse Supernova Neutrino Background – DSNB), z istotnością statystyczną 2.6σ , odpowiadającą poziomowi ufności 99,5%. Wynik ten uzyskano na podstawie szczegółowej analizy około 5000 dni danych obserwacyjnych, łączącej dane z okresu pracy detektora z ultraczystą wodą (3349 dni w latach 2008–2020), jak i okres po dodaniu gadolinu (1653 dni od 2020 r. do chwili obecnej).

DSNB to skumulowany strumień neutrin pochodzących ze wszystkich supernowych zapadających się grawitacyjnie w całej historii naszego Wszechświata. Bezpośrednia detekcja tego sygnału od początku projektu Super-Kamiokande była jednym z najważniejszych celów eksperymentu. Osiągnięty rezultat dostarcza istotnych wskazówek dla lepszego zrozumienia historii powstawania i śmierci gwiazd oraz nukleosyntezy we Wszechświecie.

Supernowe zapadające się grawitacyjnie są gwałtownymi eksplozjami kończącymi życie masywnych gwiazd. Uwalniają ogromne ilości energii, głównie w postaci neutrin. Oprócz nich rozrzucają w przestrzeń kosmiczną pierwiastki wytworzone we wnętrzach gwiazd. To właśnie takie eksplozje uważa się za główne źródło węgla, tlenu, krzemu, żelaza i wielu innych pierwiastków budujących nasze ciała oraz otaczający nas świat.

DSNB jest strumieniem neutrin wyemitowanych przez wszystkie supernowe zapadające się grawitacyjnie w całej kosmicznej historii od początków istnienia Wszechświata aż do dziś. Ponieważ docierają one z ogromnych odległości, ich sygnał jest niezwykle rozproszony i bardzo słaby, co sprawia, że ich wykrycie jest wyjątkowo trudnym zadaniem. Pomiar DSNB dostarczyłby bezpośredniej obserwacyjnej metody ilościowego odtworzenia historii nukleosyntezy i powstawania gwiazd we Wszechświecie, a także umożliwiłby testowanie modeli teoretycznych. Można powiedzieć, że jest to próba usłyszenia niezwykle cichych „szeptów” eksplozji supernowych zapisanych w historii kosmosu.

Poprzednik detektora Super-Kamiokande – Kamiokande – zdołał bezpośrednio zarejestrować neutrina z pojedynczej supernowej SN 1987A. Natomiast wykrycie DSNB, czyli skumulowanego sygnału pochodzącego od ogromnej liczby odległych supernowych, przez dziesięciolecia pozostawało jednym z największych wyzwań eksperymentu.

W całym Wszechświecie wybuchy supernowych zachodzą kilka razy na sekundę. Od narodzin Wszechświata neutrino emitowane przez te supernowe podróżowały w przestrzeni kosmicznej, a ich liczba wzrastała w skali czasu kosmicznego. Ten całkowity strumień neutrin nazywany jest rozproszonym tłem neutrin z supernowych (Diffuse Supernova Neutrino Background, DSNB), znanym również jako reliktove neutrino z supernowych (Supernova Relic Neutrinos, SRN).

Super-Kamiokande jest największym na świecie podziemnym obserwatorium neutrinowym i rozpoczęło działanie w kwietniu 1996 roku. Eksperyment wykrywa światło Czerenkowa powstające, gdy neutrino oddziałują z wodą, a produkty takich oddziaływań przemieszczają się z prędkością większą od prędkości światła w wodzie. Detektor wykorzystuje zbiornik zawierający 50 000 ton ultraczystej wody oraz około 13 000 fotopowielaczy, zlokalizowanych 1000 metrów pod ziemią w Kamioka (miasto Hida, prefektura Gifu, Japonia).

W przedstawionym badaniu przeanalizowano około 5000 dni danych obserwacyjnych, obejmujących zarówno okres pracy z czystą wodą (3349 dni w latach 2008–2020), jak i okres po dodaniu gadolinu (1653 dni od 2020 r.). Wprowadzenie soli gadolinu do ultraczystej wody w detektorze Super-K poprawiło dokładność identyfikacji sygnałów neutrin z supernowych dzięki skutecznemu rozpoznawaniu wychwyty neutronów, co znacząco zwiększyło możliwości redukcji tła. W tej analizie, po skutecznym usunięciu tła – przede wszystkim zdarzeń neutrin atmosferycznych oraz zdarzeń spallacyjnych wywołanych przez promieniowanie kosmiczne oddziałujące z jądrami tlenu w wodzie – zespół zidentyfikował statystycznie istotną nadwyżkę sygnału w zakresie energii neutrin od 13,3 do 81,3 MeV.

Istotność tego nadmiaru wynosi 2.6σ , co odpowiada poziomowi ufności 99,5%. Chociaż sygnału tego nie można wyjaśnić jako przypadkowej fluktuacji statystycznej, nie osiąga on jeszcze progu odkrycia, który wynosi $\geq 5\sigma$. Dlatego obecnie określa się go jako przesłankę wskazującą na istnienie DSNB, a nie jako ostateczną obserwację.

Oszacowany strumień DSNB wynosi $3.6 \pm 1.6 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ i jest zgodny z zakresem przewidywanym przez kilka modeli teoretycznych, na przykład z modelem Horiuchi i in. z 2009 roku dla progu 6 MeV, który przewiduje $(2.1\text{--}3.6) \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

– Zaobserwowanie pierwszej na świecie przesłanki wskazującej na istnienie rozproszonego tła neutrin z ma ogromne znaczenie i stanowi realizację celu, który przyświecał projektowi Super-Kamiokande od samego początku. Jednocześnie obecna istotność statystyczna wynosi 2,6 sigma, dlatego do jednoznacznej detekcji niezbędne jest dalsze zbieranie danych oraz udoskonalenie metod analizy. Będziemy kontynuować obserwacje w Super-Kamiokande i dążyć do uzyskania rozstrzygającego pomiaru. Mamy nadzieję, że wynik ten pozwoli lepiej zrozumieć historię powstawania gwiazd i nukleosyntezy – wyjaśnia Hiroyuki Sekiya, profesor nadzwyczajny w Instytucie Badań Promieniowania Kosmicznego Uniwersytetu Tokijskiego oraz rzecznik eksperymentu Super-K.

Obserwacje trwające obecnie w Super-K, wraz z przyszłą współpracą z następcą tego detektora – Hyper-Kamiokande – mają doprowadzić do dalszej poprawy czułości.

Oczekuje się również, że wynik ten pozwoli nałożyć silne ograniczenia na modele opisujące tempo powstawania gwiazd w kosmosie oraz nukleosyntezę. W szczególności przewiduje się, że przyczyni się on do lepszego zrozumienia procesów powstawania gwiazd neutronowych i czarnych dziur, a także chemicznej ewolucji Wszechświata.

Super-K to międzynarodowa współpraca obejmująca około 250 naukowców z 60

uniwersytetów i instytucji badawczych w Japonii, Stanach Zjednoczonych, Korei, Chinach, Polsce, Hiszpanii, Kanadzie, Wielkiej Brytanii, Włoszech, Francji i Wietnamie. Instytut Badań Promieniowania Kosmicznego Uniwersytetu Tokijskiego pełni rolę instytucji wiodącej.

Obecnie w Super-K działa ośmioro przedstawicieli z Polski, reprezentujących:
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego: dr Magdalena Posiadała-Zezula, dr Yashwanth S. Prabhu, dr Haradhan Adhikary, Mariusz Gircuś i Prithivraj Govindaraj;
Narodowe Centrum Badań Jądrowych: dr Joanna Zalipska i dr hab. Justyna Łagoda;
Uniwersytet Śląski: dr Lakshmi S. Mohan.

Więcej: <https://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/news/18046/>

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytuty: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki oraz Katedra Metod Matematycznych Fizyki. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ponad 260 nauczycieli akademickich. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ponad 1300 studentów i ok. 150 doktorantów. Uniwersytet Warszawski w rankingu szanghajskim dla poszczególnych dziedzin (Shanghai's Global Ranking of Academic Subjects) znajduje się wśród 200 najlepszych na świecie jednostek, kształcących w dziedzinie fizyki.

KONTAKT:

Dr Magdalena Posiadała-Zezula
Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski
tel. +48 604506212
email: mposiada@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<https://www.fuw.edu.pl>

Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

<https://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>

Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW260703b_fot01

https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2026/FUW260703b_fot01.png

Grafika przedstawiająca wszystkie przeszłe wybuchy supernowych od Wielkiego Wybuchu (źródło: Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo, Super-Kamiokande Collaboration).

FUW260703b_fot02

https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2026/FUW260703b_fot02.jpg

Rozkład energii zdarzeń z pojedynczym neutronem i kątami Czerenkowa bliskimi **42 stopni**, wybranych jako kandydaci na zdarzenia pochodzące od **rozproszanego łańcucha neutrin z supernowych (DSNB)**. Czerwony obszar oznacza obserwowany składnik DSNB. *źródło: Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo, Super-Kamiokande Collaboration*.

