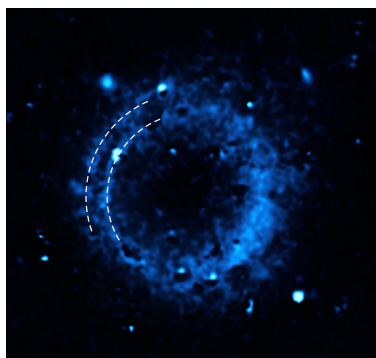




Rys. 1. Wizualizacja układu podwójnej gwiazdy, w którym prawdopodobnie dojdzie do wybuchu supernowej typu Ia. Źródło: NASA's Goddard Space Flight Center Conceptual Image Lab

Biały karzeł to tak naprawdę jądro gwiazdy, która miała zbyt małą masę, aby zakończyć swoje życie spektakularnym wybuchem supernowej. Taką małą masywną gwiazdą jest na przykład nasze Słońce. Po wyczerpaniu się helu i wodoru, podtrzymujących reakcje termojądrowe w jego wnętrzu, odrzuci otoczkę i pozostawi po sobie powoli stygnące jądro – białego karła – zbudowane z ciężkich pierwiastków.

Astronomowie znaleźli również dowody potwierdzające inny scenariusz wybuchu supernowych Ia, w którym dwa białe karły orbitują wokół siebie aż do momentu zderzenia. Jeśli ich łączna masa jest wystarczająco duża, aby doprowadzić do niestabilności, również mogą one wywołać supernową typu Ia.



Rys. 2. Zdjęcie podwójnego pierścienia, jaki tworzą pierwiastki wapnia (kolor niebieski) w pozostałościach po wybuchu supernowej typu Ia. Nałożone krzywe przedstawiają dwa pierścienie wapnia, który został wyrzucony podczas dwóch oddzielnych wybuchów. Dodatkowo na zdjęciu poniżej kolejny pierścień (pomarańczowy) tworzy wodór. Wewnątrz pierścieni kiedyś znajdował się biały karzeł



Źródło zdjęć: ESO/P. Das et al.

Mamy to. Kolejna teoria w astronomii potwierdzona obserwacyjnie. Niektóre supernowe wybuchają dwa razy!

Wybuch supernowej to spektakularne zjawisko astronomiczne często opisywane jako moment „śmierci” gwiazdy. W astronomii rozróżniane są dwa główne rodzaje supernowych (dzielone później na podtypy). Najpopularniejsze i najbardziej spektakularne wybuchy supernowych (typu II) następują pod koniec życia masywnych gwiazd, pozostawiając po takiej eksplozji czarną dziurę lub gwiazdę neutronową. Takie supernowe pojawiają się w naszej galaktyce Drogi Mlecznej mniej więcej raz na 50 lat. Doświadczony Czytelnik *Delty* może pamiętać wybuch ostatniej z 1987 roku (a Czytelnik Mniej Doświadczony może przeczytać relacje Tomasza Kwasta w Δ_{87}^{10}).

Najnowsze odkrycie dotyczy jednak trochę innego rodzaju supernowej, a mianowicie: supernowej typu Ia. Takie supernowe występują w układach podwójnych gwiazd, w których przynajmniej jedna z gwiazd to biały karzeł. Jeśli orbituje on wystarczająco blisko drugiej gwiazdy w tej parze, karzeł może wykraść materię swojego towarzysza (rys. 1). Gdy złodziejasek ukradnie zbyt dużo materii, osiąga masę krytyczną, staje się niestabilny i ostatecznie eksploduje. Tę eksplozję nazywamy supernową typu Ia. Są one rzadkie i występują w Drodze Mlecznej mniej więcej raz na 500 lat. Możemy je jednak obserwować w innych galaktykach. Jest to ważne, ponieważ supernowe typu Ia mają bardzo przydatną cechę – maksymalna jasność wybuchu takiej supernowej jest zawsze taka sama. Dzięki temu naukowcy mogą dokładnie obliczyć odległość, jaka dzieli nas od supernowej. Wykorzystując je jako tak zwane świece standardowe, astronomowie odkryli przyspieszającą ekspansję Wszechświata. Dlatego najnowsze odkrycie potwierdzające sposób, w jaki wybuchają supernowe typu Ia, jest tak ważne. Pomaga nam zrozumieć, dlaczego mają one tak przewidywalną jasność.

Dotychczas większość teorii zakładała, że gdy biały karzeł osiąga masę krytyczną, następuje wówczas pojedyncza eksplozja. Jednak część badań teoretycznych i symulacji komputerowych sugerowała, że przynajmniej niektóre supernowe typu Ia można lepiej wyjaśnić podwójną eksplozją. W tym alternatywnym modelu biały karzeł tworzy wokół siebie warstwę skradzionego helu, która może stać się niestabilna przed osiągnięciem przez białego karła masy krytycznej i zapalić się, co wywołuje pierwszą eksplozję. Wybuch tworzy falę uderzeniową, która rozchodzi się wokół białego karła i do jego wnętrza, wywołując drugą detonację w jądrze gwiazdy – ostatecznie tworząc supernową. Nie było jednak dowodu obserwacyjnego na takie podwójne eksplozje. Aż do teraz.

Podwójny wybuch pozostawił po sobie ślad. Swego rodzaju odcisk palca w postaci podwójnego pierścienia gazu. Widoczny jest on na zdjęciach pozostałości po supernowej o numerze katalogowym SNR 0509-67.5, zaobserwowanych przy użyciu spektroskopu Multi Unit Spectroscopic Explorer (MUSE) zainstalowanego na Bardzo Dużym Teleskopie (VLT) w Chile (rys. 2). Sam wybuch tej supernowej miał miejsce kilkaset lat temu, jednak wciąż możemy obserwować jego następstwa. Pozostałości supernowej zawierają wiele pierwiastków, które we Wszechświecie są produkowane tylko przez gwiazdy. Między innymi widoczny na zdjęciu wapń (i inne ciężkie pierwiastki).

Dr Ivo Seitenzahl, jeden z kierowników obserwacji, podkreśla: „Ten namacalny dowód podwójnej detonacji nie tylko przyczynia się do rozwiązania długotrwałej zagadki, ale także oferuje wizualny spektakl”. Patrząc na zamieszczone obok zdjęcia, ja się z nim zgadzam.

Na podstawie publikacji naukowej: Priyam Das et al. „Calcium in a supernova remnant as a fingerprint of a sub-Chandrasekhar-mass explosion”, *Nature Astronomy* (2025).

Anna DURKALEC

Zakład Astrofizyki, Departament Badań Podstawowych,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych