

W ogromnej przestrzeni wszechświata każdą gwiazdę spotyka nieuchronny koniec, gdy wyczerpie się jej paliwo jądrowe. To urzekające zjawisko daje początek zwartym obiektom gwiazdnym, takim jak gwiazdy neutronowe, należących do drugiej rodziny gwiazd zwartych, w przeciwieństwie do białych karłów należących do pierwszej rodziny. Głównym celem tego projektu badawczego jest zagłębienie się w fascynujące właściwości tych obiektów. Gwiazdy neutronowe, często nazywane pulsarami, jeśli okresowo emitują światło, powstają w wyniku gwałtownego kolapsu grawitacyjnego masywnych gwiazd, zwykle ważących ponad dziesięć mas Słońca.

Zwarte obiekty gwiazdne mogą przekazywać kluczowe informacje za pośrednictwem podstawowych cząstek znanych jako neutrina, które poruszają się z prędkością bliską prędkości światła. Neutrina są produkowane w dużych ilościach we wnętrzach tych obiektów i dają intrygującą perspektywę obserwowania ich za pomocą obecnie działających obserwatoriów neutrin na Ziemi.

Aby naprawdę docenić fizykę rządzącą gwiazdami zwartymi, musimy zrozumieć ich niezwykle właściwości. Gwiazdy neutronowe mogą ważyć nawet dwa razy więcej niż Słońce, ale mają kompaktowe rozmiary porównywalne ze średniej wielkości miastem, takim jak Wrocław, o średnicy około 15 km. Te obiekty gwiazdne skrywają najbardziej ekstremalne warunki w całym wszechświecie, charakteryzujące się niewiarygodnie wysokimi gęstościami, w których występuje kwantowe zjawisko zwane degeneracją. W jego wyniku stają się idealnymi laboratoriami do badania faz gorącej i gęstej materii w fizyce jądrowej i cząstek elementarnych. W szczególności gwiazdy neutronowe rodzą się w ogromnych temperaturach, co czyni je najgorętszymi obiektami we wszechświecie od Wielkiego Wybuchu. Od dawna uważa się je za kluczowe sondy do badania równania stanu i potencjalnych przejść fazowych, takich jak przejście od normalnej materii do egzotycznego stanu znanego jako plazma kwarkowo-gluonowa. Doświadczalne próby odtworzenia tego stanu materii przeprowadza się w najpotężniejszych akceleratorach fizyki cząstek elementarnych jakie kiedykolwiek zbudowano. Uzupełniając te wysiłki, astrofizyczne symulacje gwiazd zwartych odegrały istotną rolę w dostarczaniu wszechstronnego wglądu w przejścia fazowe w dużych gęstościach poprzez potencjalnie obserwowalne sygnatury, jak wykazano w wybuchach supernowych i scaleniach układu podwójnych gwiazd neutronowych.

Ten projekt wprowadza nowy scenariusz, w którym można zidentyfikować wystąpienie przejścia fazowego. Mniej więcej jedna trzecia, do połowy wszystkich masywnych gwiazd istnieje w układach podwójnych, a ich ścieżki ewolucyjne często prowadzą do przeniesienia masy z gwiazdy towarzyszącej w ciągu głównym, która wciąż przechodzi syntezę wodoru, do gwiazdy zwartej, która wcześniej przeszła wybuch supernowej. Te badania mają na celu zbadanie skutków takiego transferu masy, w tym formowania się gwiazdy neutronowej poprzez całkowite zapadnięcie się lub zapłon termojądrowego wyrzutu. Ponadto ma on na celu przewidzenie obserwowalnych sygnatur emisji neutrin podczas kolapsu gwiazdy neutronowej wywołanego akrecją, szczególnie związanego z przejściem fazowym w dużej gęstości do materii kwarkowej. Neutrina mają wyraźną przewagę nad światłem, ponieważ są emitowane bezpośrednio z wnętrza gwiazdy zwartej, niosąc bezcenne informacje, które są niedostępne w inny sposób.

Niniejszy projekt stanowi przełom w wysokoenergetycznej astrofizyce jądrowej i cząstek elementarnych, ponieważ fascynująca sfera kompaktowych gwiazd wkracza w nową erę. Wraz z niedawnym wykryciem fal grawitacyjnych pochodzących z łączenia się układu podwójnego gwiazd neutronowych oraz obecnością detektorów neutrin gotowych do wychwytywania tysięcy zdarzeń z nadchodzących zdarzeń galaktycznych, przewidywane wyniki projektu mają szerokie implikacje w różnych dziedzinach. Główne cele obejmują głębsze zrozumienie potencjalnych skutków transferu masy, a także powstawania gwiazd neutronowych w wybuchach supernowych. Ponadto projekt ma na celu dostarczenie wglądu w obserwowalne sygnatury emisji neutrin podczas zapadnięcia się gwiazdy neutronowej wywołanego akrecją, rzucając światło na intrygujące przejście fazowe w dużej gęstości do materii kwarkowej.