

Wyływ nadciekłości na dynamikę niejednorodnych struktur w gwiazdzie neutronowej

Koniec życia bardzo masywnej gwiazdy — ponad dziesięciokrotnie cięższej od Słońca — wiąże się z wybuchem tzw. *supernowej*, w wyniku której powstaje gwiazda neutronowa. Jej rozmiary są porównywalne z rozmiarami dużego miasta: ma ok. 20 km średnicy, posiadając przy tym olbrzymią masę kilku mas Słońca. Tak ściśnięta materia ma gęstość podobną do tej, jaka występuje we wnętrzu jądra atomowego. W związku z tym, substancja, z której zbudowana jest gwiazda, wykazuje wiele egzotycznych własności, które trudno znaleźć wśród materiałów występujących na Ziemi. Ze względu na naturę gwiazdy neutronowej, do opisu właściwości materii oraz procesów w niej przebiegających nieuniknione jest użycie mechaniki kwantowej, która znacznie komplikuje opis matematyczny. Dzięki wysublimowanym teoriom oraz technikom komputerowym możemy „zajrzeć” do wnętrza gwiazd oraz przewidzieć ich strukturę.

Gwiazda neutronowa posiada strukturę warstwową i pod powierzchnią można wyróżnić kolejno: skorupę zewnętrzną i zewnętrzną oraz jądro. W skorupie zewnętrznej jądra atomowe tworzą sieć podobną do tej, która występuje na przykład w metalach na Ziemi, z tą różnicą, że jest tysiące razy bardziej gęsta. Ciśnienie wynikające z silnej grawitacji sprawia, że w głębszych warstwach protony i elektrony zaczynają tworzyć pozbawione ładunku neutrony, które mają coraz większy udział procentowy w materii skorupy. W skorupie wewnętrznej gęstości są na tyle duże, a odległości między jądrami na tyle małe, że neutrony zaczynają „wyciekać” do przestrzeni wokół jąder atomowych. W związku z tym, ta część gwiazdy neutronowej jest zbudowana z sieci utworzonej z jąder, która to sieć oddziałuje z wszechobecnym „płynem” neutronów, które mogą poruszać się bez oporów, ponieważ wykazują tzw. nadciekłość.

Tuż przy granicy z jądrem znajduje się rejon gwiazdy neutronowej charakteryzujący się tym, że jądra atomowe bardzo silnie oddziałują ze sobą oraz z otaczającymi je neutronami. Oddziaływanie powoduje zarówno destabilizację sieci, jak i deformuje sferyczne kształty samych jąder: nowe kształty obejmują m. in. linie, płaszczyzny, a nawet mogą mieć strukturę gąbki. Duże bogactwo różnych faz zostało nazwane *nuklearnym makaronem*, ze względu na różnorodność struktur oraz kształtów.

Projekt dotyczy **badania własności skorupy wewnętrznej**, w szczególności dokładnego wyznaczenia oddziaływań między jądrami, a w związku z tym jego roli zarówno w deformacji sieci, jak i tworzeniu egzotycznej fazy nuklearnego makaronu. Będziemy korzystać z najnowszych modeli opisujących wnętrza gwiazd neutronowych oraz superkomputerów o mocy 25 petaflopów, czyli wykonujących $2,5 \cdot 10^{18}$ operacji na sekundę. Z ich pomocą zostaną wykonane trójwymiarowe symulacje ukazujące jak poruszają się jądra zanurzone w materii neutronowej, dzięki czemu dowiemy się jak ze sobą oddziałują.