

Własności gęstej materii i gwiazdy neutronowe

Gwiazdy zwarte odgrywają kluczową rolę dla zrozumienia własności ultragęstej materii. Powstałe w wyniku niezwykle silnej eksplozji masywnej gwiazdy na końcowym etapie swojego życia, gwiazdy neutronowe mogą mieć masę równą dwukrotności masy Słońca a promień rzędu 10 kilometrów stanowiąc obiekt o wyjątkowej gęstości i grawitacji. Fizyka jądrowa dostępna poprzez obserwacje gwiazd neutronowych jest uzupełnieniem ziemskich eksperymentów jądrowych pod względem gęstości i składu materii. Astronomia wieloaspektowa służy obecnie do zbierania informacji o wnętrzu gwiazd neutronowych, ich strukturze i składzie. Powiązanie obserwacji parametrów makroskopowych takich gwiazd z równaniem stanu ultragęstej materii wymaga obliczania struktury gwiazd neutronowych w ramach relatywistycznej teorii grawitacji.

W rozprawie dyskutowane są trzy aspekty badania gęstej materii istotne dla zrozumienia własności gwiazd neutronowych i ich makroskopowych cech. Pierwszym omawianym punktem jest konstrukcja równania stanu gęstej materii dla zakresu małej i dużej gęstości we wnętrzu gwiazdy neutronowej. Powszechne podejście do równania stanu gwiazdy neutronowej polega na traktowaniu jądra i skorupy gwiazdy za pomocą różnych modeli jądrowych. Taki traktowanie równania stanu skutkuje jednak błędami w wyznaczaniu parametrów makroskopowych, które nie są zanedbywalne biorąc pod uwagę precyzję obserwacji obecnie i w najbliższej przyszłości. W pracy oceniana jest rola tych efektów przy określaniu masy, promienia, momentu bezwładności i deformacji pływowej zimnej gwiazdy neutronowej. Ponadto, dla ponad pięćdziesięciu współczesnych, zunifikowanych modeli jądrowych podane są analityczne reprezentacje równań stanu gwiazdy neutronowej oparte na parametryzacji politropowej.

Drugi temat przedstawiony w tej rozprawie dotyczy źródeł ciepła zlokalizowanych głęboko w skorupie akreujących gwiazd neutronowych. Obserwowana ewolucja termiczna kilku źródeł rentgenowskich sugeruje, że standardowe przybliżenie uznające, że skorupa jest w całości zbudowana z zaakreowanej materii może nie być słuszne dla niektórych gwiazd neutronowych, które zaakreowały tylko niewielkie ilości materii. W rozprawie przedstawiono równanie stanu akreującej gwiazdy neutronowej, która jest częściowo zbudowana ze skatalizowanej skorupy poddanej kompresji, a częściowo z materiału zaakreowanego, porównując źródła ciepła w tych dwóch obszarach. Wpływ kinetyki tej reakcji, która była zanedbywana w poprzednich analizach, jest wyznaczany dla kilku powłok zewnętrznych skorup akrecyjnych. Pokazano, że tempo reakcji wychwytu elektronów ma wpływ na ciepło wydzielane w skorupie.

Ostatnie zagadnienie przedstawione w rozprawie dotyczy procesu emisji neutrin w jądrze gwiazd neutronowych, określanego jako Modified Urca. Ustalenie emisywności neutrinowej w procesach Urca jest ważne dla zrozumienia chłodzenia gwiazd neutronowych, termicznej ewolucji proto-gwiazd neutronowych. W procesie Modified Urca istotne są zarówno oddziaływania słabe jak i silne. W rozprawie, hadronowa część procesu Modified Urca jest

wyprowadzona w ramach kwantowej teorii pola dla materii gwiazd neutronowych o skończonej temperaturze. Tłumienie procesu Modified Urca powyżej progu procesu Direct Urca jest dyskutowane dla różnych zakresów temperatury i gęstości.