

Streszczenie

W niniejszej rozprawie omówiono właściwości kolektywne materii jądrowej w skorupie gwiazdy neutronowej. Badania zostały wykonane z zastosowaniem pakietu numerycznego opartego na Teorii Funkcjonału Gęstości.

Rozdział 1: Materia jądrowa w gwiazdach neutronowych przedstawia najważniejsze informacje z dziedziny gwiazd neutronowych. Omówiona została struktura gwiazdy neutronowej wraz z ideą modeli efektywnych, zjawisko nadciekłości i dynamiczne właściwości skorupy gwiazdy neutronowej.

W **Rozdziale 2: Wstęp teoretyczny – Metodologia** znajdują się podstawy teoretyczne niezbędne w przeprowadzonych badaniach. W pierwszej kolejności zostały przedyskutowane podstawowe metody przybliżenia pola średnia, przedstawiono również informacje dotyczące Teorii Funkcjonału Gęstości i jej rozszerzenia na przypadek układów nadciekłych. Omówiono również ideę funkcyjonałów gęstości ze szczególnym uwzględnieniem klasy funkcyjonałów Brussels-Montreal Skyrme. Ostatnia część rozdziału jest poświęcona szczegółom pakietu numerycznego W-BSk.

W początkowej części **Rozdziału 3: Linearny ruch domieszki w materii neutronowej** zamieszczono opis aktualnego stanu wiedzy w dziedzinie wyznaczania masy efektywnej. Następnie przedyskutowano nową metodę opartą na obliczeniach dynamicznych z zastosowaniem Teorii Funkcjonału Gęstości. Przedstawiono również wyniki uzyskane za pomocą tej metody, a także analiza procesów dyssypacyjnych w materii jądrowej skorupy gwiazdy neutronowej.

W **Rozdziale 4: Oscylacje domieszki w materii neutronowej** przedstawiono alternatywną metodę wyznaczania parametrów masowych na podstawie oscylacji zmiennej kolektywnej. W pierwszej części tego rozdziału znajduje się opis procedury wyznaczania masy efektywnej domieszki za pomocą tej metody, a także analiza mechanizmów dyssypacji. Następnie wyznaczono również inny parameter masowy, związany ze zmianami kształtu domieszki.

Rozdział 5: Oddziaływanie wir-domieszka przedstawia analizę oddziaływania między wirami kwantowym a domieszką. W początkowej części rozdziału znajduje się krótka dyskusja dotycząca obecnie stosowanych metod opisu tego oddziaływania. Następnie przedyskutowano kluczowe parametry związane z tym oddziaływaniem, które wyznaczono za pomocą metody opierającej się na Teorii Funkcjonału Gęstości. Wśród tych parametrów znajdują się między innymi siła oddziaływania, energia układu, długość wiru, a także wielkości znane jako *pinning energy* oraz *tension force*. W końcowej części rozdziału przeanalizowano również deformację domieszki spowodowaną jej oddziaływaniem z wirami.

Rozdział 6: Podsumowanie podsumowuje najważniejsze osiągnięcia tej pracy. Przedstawione są również możliwe przyszłe kierunki rozwoju dalszych badań.

Słowa kluczowe: gwiazdy neutronowe, Teoria Funkcjonału Gęstości, masa efektywna, mody kolektywne, deformacja, oddziaływanie wir-domieszka

Niniejsza rozprawa powstała na podstawie następujących publikacji:

- D. Pęcak, A. Zdanowicz, N. Chamel, P. Magierski and G. Włazłowski, *Time-Dependent Nuclear Energy-Density Functional Theory Toolkit for Neutron Star Crust: Dynamics of a Nucleus in a Neutron Superfluid*, Phys. Rev. X 14, 041054 (2024).
- A. Zdanowicz, D. Pęcak, P. Magierski, G. Włazłowski, *Dynamical scheme for computing the mass parameter of a system in a medium*, Phys. Rev. C 112, 045804 (2025).