

Polish

W niniejszej pracy zbadano dynamikę wybranych modów kolektywnych na poziomie mikroskopowym i mezoskopowym w ultrazimnych gazach Fermiego w reżimie oddziaływania unitarnego przy użyciu niedawno opracowanej struktury funkcjonału gęstości. Prowadzone badania są związane zarówno z najnowszymi osiągnięciami eksperymentalnymi, jak i wcześniejszymi osiągnięciami teoretycznymi i numerycznymi w dziedzinie przejścia BCS-BEC.

W **Rozdziale 1: Wprowadzenie historyczne i aktualny stan wiedzy** przedstawiamy początki badań nad przejściami BCS-BEC oraz ostatnie przełomy eksperymentalne i techniki stosowane do uzyskania unitarnych gazów Fermiego.

Rozdział 2: Mody kolektywne w nadciężach opisuje podstawowe właściwości wirów kwantowych oraz narzędzia analityczne wywodzące się z klasycznej hydrodynamiki, które można zastosować do superprzepływów. Wprowadzamy również oscylacje amplitudy parametru porządku, znanego również jako *mod Higgsa*.

W **Rozdziale 3: Ramy teoretyczne** przedstawiamy podstawy analitycznych teorii nadcięży i nadprzewodników (takich jak BCS, BdG i DFT) przy zerowej spinowej polaryzacji. Istotne wielkości i obserwabla są wyprowadzane w kontekście symulacji numerycznych.

Niezerowa nierównowaga spinowa daje początek złożonemu zestawowi zjawisk i konfiguracji, wśród których najbardziej godne uwagi są *ferrony* i *FFLO*, które zostały omówione w **Rozdziale 4: Spinowo spolaryzowane gazy Fermiego**. W tym rozdziale wprowadzamy również podstawowe pojęcia *stany Andreeva* i *mechanizm rozpraszania Silaeva*.

W **Rozdziale 5: Ramy techniczne** przedstawiamy przegląd struktury i wewnętrznego działania zestawu narzędzi WSLDA, wraz ze szczegółami numerycznymi danych przedstawionych w tej rozprawie.

Rozdział 6: Mikroskopowe właściwości wirów kwantowych bada zachowanie wirów w różnych temperaturach i w różnych reżimach oddziaływania; testujemy poprawność modelu wiru punktowego w dwóch wymiarach i wpływ mechanizmu rozpraszania Silaeva w przypadku wirów poruszających się z przyspieszeniem.

Rozdział 7: Rozpad modów Higgsa zawiera wprowadzenie dynamicznego przejścia z jednego reżimu oddziaływania do drugiego w celu wywołania modu Higgsa, którego stabilność jest testowana pod kątem zewnętrznych zaburzeń. Stany po rozpadzie oscylacji modu Higgsa są badane w wielu wymiarach i przy różnych nierównowagach spinowych, co wskazuje na podobieństwa do stanów FFLO.

Wreszcie, **Rozdział 8: Dynamika wirów w układach spolaryzowanych** łączy wyniki dwóch poprzednich rozdziałów i zawiera analizę superprzepływu oraz oddziaływania między wirami i egzotycznymi strukturami w układach spolaryzowanych. Przedstawiono szeroką gamę scenariuszy, w tym praktyczne sugestie dotyczące przyszłych eksperymentów.

Ostatni rozdział podsumowuje wyniki moich prac badawczych i przedstawia szereg kierunków, w których mogą rozwijać się przyszłe badania, zarówno teoretyczne, numeryczne, jak i eksperymentalne.

Poniżej znajduje się lista publikacji naukowych, na których opiera się niniejsza rozprawa:

- A. Barresi, A. Boulet, P. Magierski, G. Wlazłowski, *Dissipative Dynamics of Quantum Vortices in Fermionic Superfluid*, **Phys. Rev. Lett.** **130**, 043001 (2023);
- A. Barresi, A. Boulet, G. Wlazłowski, P. Magierski, *Generation and decay of Higgs mode in a strongly interacting Fermi gas*, **Sci. Rep.** **13**, 11285 (2023);

Aubin Barresi