

**Zgłoszenie tematu pracy dyplomowej magisterskiej**  
(semestr dyplomowy – letni 2022/2023)

| <b>1. Podstawowe informacje na temat pracy dyplomowej magisterskiej</b><br><i>Basic information about the Master's diploma thesis</i> |  |
|---|--|
| Tytuł w jęz. polskim<br><i>Title in Polish</i>  | Badanie struktury wewnętrznej solitonu kwantowego: numeryczne symulacje za pomocą teorii funkcjonału gęstości  |
| Tytuł w jęz. angielskim<br><i>Title in English</i>  | Investigation of internal structure of the quantum soliton: numerical simulations using the density functional theory  |
| Promotor<br><i>Master's thesis supervisor</i>   | <i>Dr hab. inż. Gabriel Wlazłowski, prof. PW</i><br><a href="mailto:gabriel.wlazlowski@pw.edu.pl">gabriel.wlazlowski@pw.edu.pl</a> , (+48) 22 234 5439   |
| Drugi promotor<br><i>Second supervisor</i>  | ---  |
| Uzasadnienie powołania drugiego promotora<br><i>Justification for the appointment of the second supervisor</i>                        | ---  |
| Specjalność<br><i>Specialty</i>   | <input checked="" type="checkbox"/> Eksploracja danych i modelowanie interdyscyplinarne<br><i>Data mining and interdisciplinary modeling</i><br><input type="checkbox"/> Fizyka medyczna<br><i>Medical physics</i><br><input checked="" type="checkbox"/> Fizyka i technika jądrowa<br><i>Nuclear physics and technology</i><br><input type="checkbox"/> Fizyka zaawansowanych materiałów<br><i>Advanced materials physics</i><br><input type="checkbox"/> Optyka stosowana<br><i>Applied optics</i> |

## 2. Opis pracy

*Thesis description (in Polish; English version is acceptable only with the Dean's consent)*

Solitony są zlokalizowanymi wzbudzeniami, które rozchodzą się przez ośrodek bez zmiany swojego kształtu. Cecha ta jest możliwa do uzyskania dla ośrodków, w których występują efekty nieliniowe. Szczególnym przypadkiem takich ośrodków są układy nadciężkie, które obficie występują w przyrodzie: ultra-zimne gazy atomowe, materia jądrowa, nadciężki hel, oraz prawdopodobnie plazma kwaskowo-gluonowa. Solitony w układach kwantowych były już w przeszłości obiektem badań teoretycznych oraz eksperymentalnych [1,2,3,4].

W ramach tej pracy planowane jest wykonanie badań struktury wewnętrznej solitonów dla ultra-zimnych gazów atomowych za pomocą skonstruowanego w ubiegłym roku funkcjonu gęstości SLDAE [5]. Jest to funkcjonal gęstości wysokiej precyzji. Badania wykonane w ramach tej pracy przyczynią się do lepszego poznania struktury mikroskopowej solitonu kwantowego w gazach Fermiego i jednocześnie dostarczą cennej informacji dotyczącej dokładności/własności nowego funkcjonu. Dokładne poznanie struktury wewnętrznej solitonu będzie wniosło również (pośrednio) wkład do programu badawczego mającego na celu stworzenie interferometrii falowo-materiałowej o wysokiej precyzji [6,7].

Praca ma charakter badawczy, za pomocą metod fizyki obliczeniowej. W badaniach zostanie wykorzystany pakiet numeryczny W-SLDA Toolkit [8]. Do obliczeń będzie wymagane wykorzystanie klastra obliczeniowego. Obliczenia zostaną przeprowadzone na klastrze Wydziału Fizyki Dwarf. Student zapozna się technikami wykonywania obliczeń równoległych.

## 3. Zakres zadań do wykonania przez dyplomanta

*The scope of tasks to be performed by the graduate student (in Polish; English version is acceptable only with the Dean's consent)*

1. Zapoznanie się z podstawowymi właściwościami fizycznymi solitonów kwantowych.
2. Zapoznanie się z podstawami metody teorii funkcjonu gęstości oraz z ideą obliczeń samozgodnych.
3. Zapoznanie się z dostarczonym pakietem numerycznych W-SLDA.
4. Implementacja więzów wymuszających generację rozwiązania reprezentującego soliton kwantowy.
5. Wykonanie obliczeń numerycznych dla różnych wartości długości rozpraszania, temperatur oraz różnicy faz.
6. Analiza wyników, porównanie z dostępnymi danymi, zbadanie ewolucji struktury wewnętrznej solitonu w funkcji parametrów kontrolnych.

## 4. Bibliografia

1. M. J. H. Ku, B. Mukherjee, T. Yefsah, and M.W. Zwierlein, Cascade of Solitonic Excitations in a Superfluid Fermi gas: From Planar Solitons to Vortex Rings and Lines, *Phys. Rev. Lett.* 116, 045304 (2016).
2. G. Wlazłowski, K. Sekizawa, M. Marchwiany, and P. Magierski, Suppressed Solitonic Cascade in Spin-Imbalanced Superfluid Fermi Gas, *Phys. Rev. Lett.* 120, 253002 (2018).
3. G. Lombardi, W. Van Alphen, S. N. Klimin, and J. Tempere, Soliton-core filling in superfluid Fermi gases with spin imbalance, *Phys. Rev. A* 93, 013614 (2016).
4. Spuntarelli, Andrea et al. "Gray solitons in a strongly interacting superfluid Fermi gas." *New Journal of Physics* 13 (2010): 035010.
5. A. Boulet, G. Wlazłowski, P. Magierski, Local energy density functional for superfluid Fermi gases from effective field theory, [[arXiv:2201.07626](https://arxiv.org/abs/2201.07626)].
6. Wales, O.J., Rakonjac, A., Billam, T.P. et al. Splitting and recombination of bright-solitary-matter waves. *Commun Phys* 3, 51 (2020).
7. C.L. Grimshaw, T.P. Billam, S.A. Gardiner, Soliton interferometry with very narrow barriers obtained from spatially dependent dressed states, [arXiv:2104.11511](https://arxiv.org/abs/2104.11511)
8. W-SLDA Toolkit: <https://wsllda.fizyka.pw.edu.pl/>

|  |   |
|--|---|
| <p>5. <b>Czy przewidywana jest publikacja związana z pracą dyplomową?</b><br/><i>Is there any publication related to the thesis planned?</i></p>   | <input type="checkbox"/> TAK (yes)                |
| <p>6. <b>Czy temat jest zarezerwowany dla konkretnego studenta?</b><br/><i>Is the topic reserved for a specific student?</i></p>   | <input type="checkbox"/> TAK (yes)                |
| <p>7. <b>Czy temat był zgłaszany w poprzednich naborach?</b><br/><i>Was the topic submitted in the previous calls?</i><br/><b>Jeśli tak, proszę podać rok poprzedniego zgłoszenia.</b><br/><i>If so, please provide the year of the previous submission.</i></p> | <input type="checkbox"/> TAK (yes)<br>ROK (year): |