

## **Popularnonaukowy opis badań prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej**

Andrzej Syrwid

Solitony są obiektami fizycznymi pojawiającymi się w wielu dziedzinach życia. Można je sobie wyobrazić jako fale propagujące się bez zmiany kształtu (np. fale na wodzie propagujące się wzdłuż kanału). Okazuje się, że struktury zwane solitonami obserwowane są nie tylko w skali makro, ale również w mikroświecie rządzonego prawami mechaniki kwantowej. Odkrycie oraz doświadczalna realizacja kondensacji Bosego-Einsteina, a także rozwój technik eksperymentalnych pozwoliły na obserwację zarówno ciemnych jak i jasnych solitonów w zimnych gazach atomowych.

Przewidywania teoretyczne bazowały na tzw. przybliżeniu średniopoleowym zakładającym, że wszystkie cząstki w układzie wykazują identyczne zachowanie czując obecność innych atomów jako pewne uśrednione pole (pole średnie). Przedmiotem badań prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej jest analiza w pełni kwantowych jednowymiarowych modeli zimnych gazów atomowych. Badania obejmują poszukiwanie wielocząstkowych kwantowych stanów własnych odpowiadających strukturom solitonowym o kwantowym charakterze, znacznie wykraczającym poza zakres przybliżenia pola średniego. W szczególności interesujący jest przypadek silnych oddziaływań międzycząstkowych, a także wielociałowa ewolucja czasowa. Istotnym elementem badań jest analiza kwantowych efektów wielociałowych, których opis teoretyczny nie jest w pełni znany. Wspomniane fluktuacje kwantowe są również niezwykle trudne do zaobserwowania w eksperymencie.

W trakcie badań analizowane są dwa jednowymiarowe modele: bozonowy (model Lieba-Linigera) oraz fermionowy (Gaudina-Yanga). W przeciwieństwie do przypadku bozonowego, wiedza na temat solitonów w układach fermionowych jest bardzo ograniczona. Wyniki badań prowadzonych w przypadku układów identycznych bozonów sugerują, że istnieje możliwość obserwacji ciemnych solitonów w układzie fermionów o przeciwnych spinach, które łącząc się w pary tworzą molekułę o własnościach bozonowych. W granicy bardzo silnego przyciągania pomiędzy fermionami o przeciwnych spinach rozmiar molekuł powinien być mały w porównaniu z rozmiarami układu. W związku z tym spodziewamy się obserwować struktury podobne do tych, które zaobserwowano już w trakcie analizy modelu Lieba-Linigera. Niezwykle interesujący jest jednak przypadek, w którym oddziaływania pomiędzy fermionami są tak słabe, że rozmiar antycypowanej pary jest porównywalny z rozmiarami układu. W tym przypadku nie jest jasne czy solitony w ogóle można zaobserwować. Należy zadać sobie również pytania o strukturę stanu własnego mającego im odpowiadać.

Formowanie się struktur solitonowych może być również rdzeniem badań dotyczących innych zjawisk fizycznych. Dynamiczne kwantowe przejścia fazowe, a także proces spontanicznego łamania symetrii translacyjnej w domenie czasowej – idee, które pojawiły się zaledwie kilka lat temu – są także przedmiotem badań prowadzonych przeze mnie w ramach rozprawy doktorskiej.