

## **Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Tomasza Świsłockiego zatytułowanej „Wpływ oddziaływań dipolowych na własności kondensatu rubidowego”.**

Przedmiotem rozprawy doktorskiej Pana mgr Tomasza Świsłockiego pod tytułem „Wpływ oddziaływań dipolowych na własności kondensatu rubidowego” są teoretyczne badania w zakresie oddziaływań dipolowych i ich wpływu na dynamikę spinorowego kondensatu Bosego Einsteina. Opisano wpływ zewnętrznego pola magnetycznego oraz tak zwany efekt Einstein de Haasa. W części pracy zastosowano metodę pól klasycznych do badania przebiegu termalizacji kondensatów spinorowych, w pozostałych częściach stosowano jedynie metodę pola średniego i rozwiązywano równanie Grossa Pitaewskiego.

Praca została napisana w języku polskim pod opieką dr hab. Mariusza Gajdy w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk. Temat pracy jest bardzo aktualny, a praca zawiera nowe, oryginalne wyniki, które zostały już opublikowane, bądź są w trakcie publikacji w wiodących międzynarodowych czasopismach naukowych (zaprezentowany tu dorobek jest treścią artykułu w Physical Review A, drugi został wysłany do publikacji a jego treść można zobaczyć na ArXiv.org).

Rozprawa doktorska zatytułowana „Wpływ oddziaływań dipolowych na własności kondensatu rubidowego” składa się z sześciu rozdziałów zawierających opis trzech różnych zagadnień dotyczących dynamiki kondensatów spinorowych.

Rozdział pierwszy stanowi streszczenie pracy.

W rozdziale drugim, który stanowi wstęp, opisano fizykę zimnych atomów, wprowadzono pojęcie kondensatów Bosego Einsteina z uwzględnieniem układów skończonych, wymieniono różne techniki chłodzenia i pułapkowania. Następnie wprowadzono równanie Grossa Pitajewskiego jako konsekwencję zastosowania techniki pola średniego dla kondensatów w zerowej temperaturze. Na koniec omówiono pokrótce kondensaty spinorowe oraz oddziaływanie dipolowe. Wstęp jest potraktowany bardzo skrótowo, ale nie wiem czy to jest wada czy zaleta; w przypadku recenzentów czytających wiele prac z tej tematyki z pewnością nabierają oni uczucia nasycenia. Brakuje mi jednak wstępu dotyczącego pól klasycznych, jest tylko odsyłacz do literatury, a przecież jeden z rozdziałów pracy dotyczy tej metody.

W rozdziale trzecim podano przykład kondensatu rubidowego jako kondensatu spinorowego z oddziaływaniem dipolowym. Zasadniczą tezę tego rozdziału jest stwierdzenie, że w układach spinorowych na dynamikę dochodzenia do stanu równowagi termodynamicznej ma silny wpływ (nawet niewielkie) oddziaływanie dipolowe. Oddziaływania dipolowe należy porównywać z oddziaływaniami kontaktowymi. W przypadku wyżej wymienionej dynamiki powstają niestabilności odpowiedzialne za separację różnych składników i oddziaływania dipolowe, jako oddziaływania długo-zasięgowe nabierają istotnego znaczenia i mogą przeważać nad oddziaływaniami kontaktowymi. Autor

proceeding also research on dynamics with the presence of a magnetic field. For higher values of the field (approx. 100 mG) the role of dipolar interactions was slightly smaller, for lower values (approx. 1 mG) a significant influence on the thermalization process was observed.

Chapter IV is titled „Magnetic resonances in the Einstein-de Haas effect”. In this chapter it is shown that the appropriate choice of the magnetic field value can make dipolar effects in the Bose-Einstein condensate manifest. An example is the Einstein-de Haas effect. To explain the resonant character of the phenomenon, a two-atom system in a harmonic trap, interacting dipolarly, was considered. The structure of the ground state and its spatial distribution were found. It was shown that at the appropriate field value, resonances occur, expressed by the equality of the energy required to reach a certain excited state in the two-atom system and the energy of the transition of one atom from the  $m_F=0$  state to the  $m_F=1$  state. On the other hand, a series of numerical simulations for a rubidium spin condensate in a magnetic field using the Gross-Pitaevskii equation was performed. In these simulations, it was first shown that certain resonant values exist. Then, the structure of the ground state modes for  $m_F=0$  and  $m_F=1$  was studied. It turned out that this structure is very similar to the simple two-atom model. The above considerations allow for a qualitative understanding of the Einstein-de Haas effect in a rubidium condensate, and confirm the occurrence of the resonance phenomenon.

The last chapter is titled „Topological states of a Bose-Einstein condensate in an optical lattice”. In this chapter, an analysis of the Einstein-de Haas effect in an optical lattice was performed. It was shown that in a lattice with a high barrier, the ground state in the structure of the optical lattice for  $m_F=0$  magnetization appears as vortices in the individual lattice sites. If we use a shallower lattice, increasing the tunneling between sites, we reach a situation where the topological structure of the system changes and a global phase, a phase between sites, appears. This structure, which the author calls a discrete wire, is different from the structure of vortices. The transition between the states described above is not possible through a dynamic change in the lattice height - the lattice parameters in which it was created.

The whole material was presented coherently, interestingly and very concisely. The author, while preparing this thesis, showed a good understanding of the phenomena described, as well as accuracy in both numerical calculations and theoretical considerations. In my opinion, the author showed appropriate familiarity with the literature. I have no serious reservations about the scientific value of the presented results and I rate them highly. A small number of publications in international journals (in my opinion, the results deserve a wider presentation and I hope that further work on this topic will be published) and the length of the thesis, which more resembles a master's thesis than a doctor's thesis (only in terms of size).

**Stwierdzam, że rozprawa Pana mgr Tomasza Świsłockiego spełnia wszelkie wymagania stawiane pracom doktorskim z dziedziny fizyki.**

**Wnoszę o dopuszczenie kandydata do dalszych etapów obrony pracy doktorskiej.**

Prof. Marek Trippenbach

