

Streszczenie

W pracy doktorskiej poruszana jest tematyka efektów topologicznych oraz sztucznych pól cechowania, które można obserwować i badać w zimnych gazach atomowych. W pierwszej części pracy zaprezentowany został problem ciemnego solitonu (będącego topologicznym defektem w jednym wymiarze) w kondensacie Bosego-Einsteina poddanego wpływowi zewnętrznego potencjału przypadkowego. Klasyczne podejście pozwoliło nam wysnuć wniosek, że dla słabego potencjału deformacja ciemnego solitonu jest słabym efektem, dzięki czemu przechodząc do opisu kwantowego, możemy pominąć sprzężenie pomiędzy solitonem a podukładem fononów. Traktując bowiem soliton kwantowo, jego położenie opisane jest rozkładem prawdopodobieństwa. Okazuje się jednak, że umieszczając kwantowy soliton w potencjalnie przypadkowym, możliwe jest zaobserwowanie lokalizacji Andersona. Kolejnym zagadnieniem przedstawionym w pracy jest generacja sztucznego pola magnetycznego w chmurze zimnych atomów za pomocą fali zanikającej, która powstaje w wyniku całkowitego wewnętrznego odbicia w pryzmacie. Pierwsze obliczenia przeprowadziliśmy dla pojedynczej fali płaskiej, która jednak stanowi pewną idealizację prawdziwej wiązki laserowej. W związku z tym rozszerzyliśmy analizę o rzeczywistą wiązkę gaussowską. W eksperymencie z kondensatem Bosego-Einsteina obecność pola magnetycznego objawia się powstaniem wirów w chmurze atomowej, które są kwantowymi odpowiednikami ruchu po okręgu cząstki naładowanej w polu magnetycznym. Dla realistycznych parametrów eksperymentalnych wyznaczyliśmy ich liczbę, a następnie przeprowadziliśmy symulacje numeryczne, które potwierdziły nasze szacowania. Okazuje się, że efekty sztucznego pola magnetycznego można również zaobserwować w zimnych gazach atomowych, których temperatura jest zbyt wysoka dla kwantowej degeneracji. Sygnaturą sztucznych pól może być w tym przypadku przekaz pędu w kierunku prostopadłym do prędkości atomów, będący wynikiem działania sztucznej siły Lorentza. Numeryczne symulacje trajektorii pokazały, że atomy mogą być odbijane od powierzchni pryzmatu właśnie dzięki tej sile. Jeśli sztucznego pola nie ma, wszystkie atomy spadają na powierzchnię. Ostatni rozdział pracy poświęcony jest kwantowemu efektowi Halla w czterech wymiarach przestrzennych. Analogicznie do przypadku dwuwymiarowego, pasma energetyczne scharakteryzowane są niezmiennikiem topologicznym, w tym przypadku drugą liczbą Cherna. W pracy przedstawiamy efektywny algorytm do jej wyznaczenia oparty na metodach teorii cechowania na sieci. Ponadto proponujemy szkic eksperymentalnej realizacji z udziałem zimnych gazów atomowych umieszczonych w trójwymiarowej optycznej sieci Bravais z bazą.