

1 Cel projektu

Od ponad 20 lat społeczność fizyków intensywnie pracuje nad dogłębnym poznaniem własności nowego stanu materii - gazów kwantowych. W temperaturach bliskich zera bezwzględnej nasze codziennie intuicje zawodzą. Cząstki atomów, które wyobrażamy sobie jako małe kulki zaczynają w swym zachowaniu bardziej przypominać fale, a raz rozkręcony w gazie wir wbrew naszej intuicji nie chce się zatrzymać. Na zachowanie takich układów wpływają nie tylko zderzenia pomiędzy cząstkami, ale również oddziaływania dipolowe. Mają one charakter długo zasięgowy i wynikają z niezerowego magnetycznego momentu dipolowego atomów. Współczesne laboratoria oferują możliwość badania zachowania atomów w ograniczonej przestrzeni np. możemy śledzić dynamikę cząstek zmuszając je do ruchu po okręgu lub ruchu w jednowymiarowej pułapce harmoniczej. Niedawno odkryto, że w tak ograniczonym gazie dipolowym pojawiają się czarne solitony. Czarny soliton to w dużym uproszczeniu taka dziura w gazie, która bez względu na ruch atomów nie chce zniknąć. Powyższe przewidywania uzyskano w oparciu o przybliżone metody. Głównym celem niniejszego projektu jest zbadanie własności statystycznych układu kilku dipolowych atomów w quasi jednowymiarowej pułapce harmoniczej lub na okręgu. Nasze rozwiązanie pozwoli odpowiedzieć na pytanie, czy występowanie rozwiązań o charakterze solitonowym jest naturalną cechą układów dipolowych.

2 Metoda

Nasze badania oprzemy na skonstruowaniu Hamiltonianu układu. Hamiltonian można bardzo często utożsamiać z całkowitą energią układu. W naszym przypadku na Hamiltonian składa się: energia kinetyczna atomów, energia potencjalna związana z obecnością pułapki harmoniczej oraz energia wzajemnego oddziaływania pomiędzy atomami - oddziaływań dipolowych i kontaktowych (zderzenia atomów). Ze względu na poziom matematycznego skomplikowania naszego problemu będziemy stopniowo zwiększać liczbę atomów w układzie. Następnie, korzystając z metod numerycznych postaramy się znaleźć stany własne układu tzn. takie konfiguracje układu, które są najbardziej prawdopodobne. Kolejnym krokiem będzie analiza statystyczna otrzymanych wyników. W szczególności odpowiemy na pytanie, jakie jest najbardziej prawdopodobne położenie N -tej cząstki, jeśli znamy położenia $N - 1$ pozostałych. Powyższa analiza powinna wystarczyć do ewentualnej obserwacji ciemnych solitonów.

3 Motywacja

Głównym powodem, dla którego chcemy zbadać wyżej opisany układ jest zwykła ciekawość. Nie wiemy, jak zachowuje się kilka atomów oddziałujących dipolowo w ograniczonej przestrzeni. Mamy przesłanki, że w takim układzie mogą pojawić się ciekawe zjawiska. Pragniemy to sprawdzić. Jeśli układ wykazuje przewidywane przez nas własności to z pewnością zainteresują się nim grupy doświadczalne na całym świecie. W przeszłości współpraca pomiędzy teoretykami a fizykami doświadczalnymi doprowadziła do odkrycia tak interesujących obiektów jak wiry solitonowe.