

Streszczenie

Wielociałowa fizyka kwantowa z ultrazimnymi atomami i cząsteczkami: dokładna dynamika i uczenie maszynowe

Anna Dawid-Łękowska

Fizyka kwantowa wielu ciał stanowi duże wyzwanie obliczeniowe wynikające z wykładniczego wzrostu złożoności funkcji falowej i zakodowanych w niej wielu nietrywialnych korelacji. Na badania prowadzone w ramach tej rozprawy doktorskiej składa się eksploracja dwóch podejść do rozwiązywania problemów kwantowej fizyki wielu ciał. Pierwszym z nich są symulacje kwantowe z użyciem ultrazimnych cząsteczek, a drugim - uczenie maszynowe.

Pierwsza ścieżka badawcza to szczegółowa analiza ultrazimnego układu dwóch oddziałujących ze sobą cząsteczek w jednowymiarowej pułapce. Porównując wyniki z dwuatomowym układem w pułapce harmoniczej, identyfikujemy różnice w widmach i reakcjach na pola zewnętrzne wprowadzone przez molekularny charakter układu, tj. obecność poziomów rotacyjnych, anizotropowego oddziaływania krótkozasięgowego i silniejszych oddziaływań dipolarnych. Właśnie te bogatsze właściwości molekuł mogą pozwolić na odkrywanie nowych egzotycznych faz materii i symulowanie zjawisk niedostępnych dla fizyki ultrazimnych atomów. Zainspirowani materiałami o porządkach elektrycznych i magnetycznych, w kolejnym kroku skupiamy się na wzajemnym oddziaływaniu właściwości elektrycznych i magnetycznych dwuciałowego układu molekularnego, analizujemy diagramy magnetyzacji i badamy dynamikę po quenchu.

Alternatywnie, kwantowe problemy wielociałowe można rozwiązywać metodami numerycznymi. Wśród nich coraz większym zainteresowaniem cieszą się algorytmy uczenia maszynowego. Jednak do tej pory umożliwiały one głównie odtworzenie znanych wyników (ale przy znacznie niższych kosztach obliczeniowych). Co więcej, zwykle nie rozumiemy, w jaki sposób maszyna rozwiązuje dany problem. Dlatego proponujemy sposób na połączenie wydajności sieci neuronowych z bazującymi na Hesjanie metodami interpretacji i wiarygodności, takimi jak funkcje wpływu. Te uniwersalne i niezależne od modelu narzędzia pozwalają rozwikłać logikę ukrytą w maszynie i tym samym zwiększyć szansę na zrozumienie fizyki problemu. Pokazujemy ich moc na fundamentalnym jednowymiarowym modelu Fermi-Hubbarda oraz na danych eksperymentalnych uzyskanych z topologicznego dwuwymiarowego modelu Haldane'a w realizacji Floqueta.