Projekt 5.3 Wykorzystanie cząstek nierozróżnialnych w komputerach kwantowych

Promotor: dr hab. Michał Oszmaniec
Instytut: Centrum Fizyki Teoretycznej PAN
www: www.cft.edu.pl, www.quantin.pl, https://touqan.eu/

Opis:

Proponowany projekt dotyczy wykorzystania cząstek nierozróżnialnych (bozonów, fermionów, oraz bardziej egzotycznych wariantów podlegającym tak zwanym „parastatystykom") do obliczeń kwantowych. Z jednej strony cząstki nierozróżnialne stanowią ciekawą platformę realizująca obliczenia (np. wielocząstkowa interferencja fotonów lub neutralne atomy w pułapkach optycznych). Z drugiej strony, procesy fizyczne z ich udziałem mogą być źródłem problemów obliczeniowych nadających się do rozwiązania na komputerach kwantowych.

Projekt jest finansowany z międzynarodowego grantu Quantera TouQan (https://touqan.eu/), którego celem jest rygorystyczne wyjaśnienie mocy obliczeniowej symulatorów kwantowych, szczególnie w kontekście przewagi kwantowej, tj. sytuacji w której urządzenia kwantowe przewyższają swoje klasyczne odpowiedniki.

Projekt będzie skupiał się na analizie teoretycznej propozycji realizacji przewagi kwantowej, ze szczególnym uwzględnieniem schematów typu Fermion Sampling i Boson Sampling, oraz ich uogólnień. Szczególny nacisk zostanie położony na realistyczne scenariusze, kiedy obecne są szumy i implementacja protokołów nie jest idealna (np. ze względu na straty cząstek, częściową rozróżnialność, czy błędy w bramkach kwantowych). Od strony technicznej projekt będzie się opierać na połączeniu zaawansowanych narzędzi matematycznych (geometria różniczkowa, teoria reprezentacji, wysokowymiarowa probabilistyka) i symulacjach numerycznych wykorzystujących strukturę badanych problemów

Cel projektu:

Zagadnienia możliwe do zrealizowania w projekcie:
- zbadanie odporności schematu Fermion Sampling na lokalne szumy w przygotowaniu stanów, implementacji bramek, czy pomiarów;
- analiza realizacji eksperymentalnej Schematu Fermion Sampling w sieciach optycznych;
- trudność schematu Boson Sampling przy częściowej rozróżnialności fotonów;
- opracowywanie narzędzi do charakteryzacji częściowej rozróżnialności fotonów.
- analiza trudności schematów przewagi kwantowej opartych o parastatystyki, oraz zbadanie ich związku z częściowa rozróżnialnością fotonów.

Wymagania:

- stopień magistra z dziedziny fizyka, matematyka, informatyka, lub dziedzin pokrewnych,
- bardzo dobra znajomość języka angielskiego,
- znajomość podstawowych podstaw i koncepcji z teorii informacji i komputerów kwantowych,
- Zainteresowanie aktualnym stanem badań w dziedzinie obliczeń kwantowych,
- (wskazana) znajomość podstaw kwantowej fizyki wielociałowej, w szczególności kwantowego opisu cząstek nierozróżnialnych za pomocą metod drugiej kwantyzacji,
- (opcjonalnie) znajomość podstaw teorii złożoności (klasy obliczeniowe P, NP, BPP, BQP, PSPACE etc.),
- (opcjonalnie) znajomość zaawansowanych technik matematycznych fizyki matematycznej takich jak teoria reprezentacji (grup skończonych, grup i algebr Liego), wysokowymiarowy rachunek prawdopodobieństwa (koncentracja miary), geometria różniczkowa,

- (opcjonalnie, nie wszystkie umiejętności są wymagane):
doświadczenie w programowaniu (C ++, Python , Matlab lub Mathematica),
doświadczenie w programowaniu na komputerach kwantowych (Qiskit)