

Popularne podsumowanie

Obliczenia kwantowe koncentrują się na mechanicznym przetwarzaniu informacji kwantowych w celu rozwiązywania problemów trudnych lub niemożliwych do zbadania przy użyciu klasycznego komputera, takich jak rozkładanie liczb całkowitych na czynniki w czasie wielomianowym. Spośród wielu podejść do obliczeń kwantowych, topologiczne obliczenia kwantowe są szczególnie atrakcyjne, ponieważ przechowują i manipulują informacjami w sposób nielokalny, tym samym drastycznie zmniejszając podatność na błędy wywołane przez środowisko, które dotykają konwencjonalne systemy obliczeń kwantowych. Informacja kwantowa może być zakodowana w nielokalnej przestrzeni stanów nieabelowych kwazicząstek, które są obiektami podobnymi do cząstek z egzotycznymi statystykami wymiany, takimi jak fermiony Majorany występujące w nadprzewodnikach topologicznych. Operacje kwantowe niezbędne do przetwarzania mogą być realizowane w takich układach poprzez zamianę pozycji tych kwazicząstek, tworząc warkocz ich trajektorii linii świata w czasoprzestrzeni $2+1D$.

Jednak środowisko obserwuje procesor kwantowy, co z kolei skutkuje relaksacją i dekoherencją. Nawet topologiczny procesor kwantowy nie jest odporny na takie efekty. W szczególności skutki środowiskowe są zapalane przez dynamiczny proces splatania, nawet jeśli nie występuje w systemie statycznym. Utrata informacji do otoczenia oznacza w równym stopniu, że mierząc je, możemy poznać sam system. W tym projekcie proponuję odwrócić sytuację i wykorzystać otaczające ją środowiska, takie jak fotony w układach elektrodynamiki kwantowej wewnątrz, wzbudzenia magnetyczne w materiałach magnetycznych lub jądra w półprzewodnikach, w celu monitorowania i kontrolowania dynamiki fermionów Majorany i nie tylko. Plecionka opiera się na wysoce nielokalnym charakterze kwazicząstek: nie muszą one nakładać się na siebie, a różnorodność stanu podstawowego pozostaje zdegenerowana przez cały czas. Z drugiej strony pole elektromagnetyczne we wnękach mikrofalowych, na przykład, rozciąga się na odległości rzędu centymetrów. W ten sposób Majorany pojawiają się lokalnie w skali pola jamy. Ten prosty fakt leży u podstaw tego projektu.

Istnieje szereg teoretycznych wyzwań, których podejmie się projekt. Pierwszym z nich będzie opracowanie ogólnych ram teoretycznych dla połączonej dynamiki systemów topologicznych i środowisk, niezależnie od konkretnych implementacji. To odgórne podejście, jeśli się powiedzie, okaże się przydatne w wielu wdrożeniach. Obecnie natura dostarcza nam kilka wykonalnych wdrożeń fermionów Majorany, wśród których nanodruły półprzewodnikowe wyróżniają się jako jedne z najbardziej obiecujących. Ostatnie kontrowersje dotyczące ich eksperymentalnych obserwacji prowadzonych w Microsoft wymagają nowatorskich podejść, aby popchnąć tę dziedzinę do przodu. W tym celu druga część projektu będzie badać, w jaki sposób poprzez delikatne wstrząsanie i mierzenie ich naturalnego środowiska, takiego jak fotony lub wzbudzenia magnetyczne, można odkryć i manipulować dynamiką fermionów Majorany oraz ustalić eksperymentalne sygnatury niewidoczne w konwencjonalnej elektronice. pomiary transportowe. Będzie to wymagało opracowania nowych metod teoretycznych, z wykorzystaniem obliczeń numerycznych oraz propozycji nowatorskich eksperymentów. Te same środowiska zostaną wykorzystane w ostatniej części, aby ocenić możliwie dalekosiężne korelacje geometryczne/topologiczne oraz skonstruować bramy kwantowe. Podczas gdy samo splatanie nie wystarcza do uniwersalnych obliczeń kwantowych, środowiska pozwolą zintegrować topologiczne procesory kwantowe oparte na Majoranie z konwencjonalnymi wyjściami, co ułatwi uniwersalność i znacznie zwiększy ich funkcjonalność. Na dłuższą metę zrozumienie, w jaki sposób fermiony Majorany oddziałują ze środowiskami, powinno umożliwić wydajne skalowanie topologicznych kubitów fermionowych Majorany.