

W dzisiejszych czasach obserwujemy gwałtowny eksperymentalny rozwój tzw. symulatorów kwantowych. Celem ich budowy jest zrealizowanie wizji zaproponowanej po raz pierwszy przez Feynmana, który zasugerował żeby użyć dobrze kontrolowanego układu kwantowego do symulacji pewnych problemów, których rozwiązanie przy pomocy standardowych metod byłoby praktycznie niemożliwe. Obecnie są one implementowane przy użyciu wielu różnych układów fizycznych, przy czym chyba najbardziej znane a zarazem odrobinę kontrowersyjne są symulatory produkowane przez firmę D-Wave Systems budowane w oparciu o sieci złączy Josephsona.

Jednym z podstawowych paradygmatów używanych w operowaniu takimi systemami jest symulacja adiabatyczna. Zakłada ona, że układ jest inicjalizowany w prostym do przygotowania stanie będącym stanem podstawowym Hamiltonianu opisującego układ. Układ jest następnie adiabatycznie przeprowadzany do końcowego Hamiltonianu, którego stan podstawowy zawiera informację którą chcielibyśmy uzyskać w ramach symulacji. Jednakże przeprowadzanie systemu między dwoma takimi fundamentalnie różniącymi się stanami zazwyczaj oznacza konieczność przekroczenia kwantowego punktu krytycznego. W takim wypadku zapewnienie adiabatyczności oznacza zwykle że czas ewolucji musi być ekstremalnie długi.

W realistycznych układach czas ewolucji jest zawsze skończony. Nierównowagowa ewolucja systemu związana z przechodzeniem przez punkt krytyczny ze skończoną prędkością jest opisywana przy pomocy mechanizmu Kibbla-Zurka, który podaje uniwersalne przewidywania na ilość defektów wygenerowanych w trakcie takiej ewolucji. Celem tego projektu jest rozwijanie strategii które pozwoliłyby wykroczyć poza standardowe przewidywania mechanizmu Kibbla-Zurka i ograniczyć ilość defektów powstających w czasie przejścia. W szczególności planujemy się skupić na możliwości wykorzystania w tym celu niejednorodności przestrzennych. Punkt krytyczny jest wtedy osiągany lokalnie w postaci frontu który następnie przemiata przez system stopniowo przeprowadzając go z jednej fazy do drugiej. Dotychczasowe wyniki sugerują, że odpowiednie dobranie prędkości frontu w stosunku do szybkości rozprzestrzeniania się informacji w systemie pozwala ograniczyć ilość powstających defektów.

Planujemy zbadać ograniczenia takiego podejścia skupiając się szczególnie na układach z nieporządkiem. Pojawia się on w sposób naturalny w kontekście kwantowych wyźarzaczy (np. wspomniany powyżej D-Wave) których celem jest rozwiązywanie kombinatorycznych problemów optymalizacyjnych. W ramach tego projektu szczególnie interesuje nas rola lokalności/wymiarowości systemu, frustracji oraz korelacji w stanie docelowym dla efektywności podejścia niejednorodnego, a także możliwości rozszerzenia takiego podejścia do konstruowania bardziej skomplikowanych protokołów w kontrolowany sposób. W tym celu planujemy skupić na prototypowych modelach uproszczonych i badać w nich nierównowagową dynamikę związaną z przekraczaniem kwantowych punkt krytycznych ze skończoną prędkością. Dobre zrozumienie takiej dynamiki jest jednym z zagadnień istotnych z punktu widzenia zwiększenia skuteczności adiabatycznych symulatorów kwantowych.