

Streszczenie

Po początkowym zrywie na początku lat 90-tych, pomysł superpozycji ewolucji czasowych układów kwantowych został odłożony na bok. Wiele lat później, w poszukiwaniu sformułowania udanej teorii grawitacji kwantowej, opracowano pojęcie nieokreślonego porządku przyczynowego (ICO), które samo w sobie zawiera superpozycję ewolucji czasowych. Fizycznie, ICO byłoby wynikiem niepewności w samej metryce czasoprzestrzeni, wprowadzając niepewność kwantową do rdzenia ogólnej teorii względności. Pojęcie ICO może być operacyjnie włączone do tzw. formalizmu macierzy procesów, który jest uogólnieniem macierzy gęstości działających na dwa lub więcej kanałów kwantowych, zwracających rozkład prawdopodobieństwa różnych wyników pomiarów. Okazuje się, że macierze procesów, które nie mogą zostać rozłożone jako kombinacje wypukłe wyrazów uporządkowanych przyczynowo, których techniczna nazwa to nieoddzielność przyczynowa, są określane jako zawierające ICO. Ponadto istnieją macierze procesów zawierające ICO, które łamią tzw. nierówności przyczynowe (CI), analogiczne do nierówności Bella, oraz takie, które ich nie łamią. Pierwsze mają do dziś jedynie abstrakcyjny opis, a żaden dokładny mechanizm fizyczny, który je wywołuje, nie został całkowicie opracowany. Głównie z tego powodu nie wiadomo, czy są one w rzeczywistości fizyczne. Drugie można zbiorczo nazwać kontrolowaną superpozycją porządków przyczynowych (cSCO), której główna implementacja jest znana jako kwantowy przełącznik (QS). Ten proces został już zaimplementowany w laboratoriach przez różne grupy badawcze i zasugerowano, że może on oferować zalety w obszarach takich jak obliczenia kwantowe, komunikacja kwantowa, metrologia kwantowa i termodynamika kwantowa. W ramach dwóch kategorii procesów ICO, niniejsza praca proponuje badanie ich w kontekście termodynamiki. Dla tych macierzy procesów, które łamią CI, koncentrujemy się na ustaleniu, czy termodynamika przez swoje drugie prawo ogranicza ich istnienie. Łącząc różne modele z literatury, opracowujemy ramy, w których drugie prawo termodynamiki (SLT) nigdy nie jest łamane przez żadną macierz procesów dwu-dzielnych z układami dwu-wymiarowymi. Biorąc pod uwagę uniwersalność SLT, wskazuje to, że te procesy ICO są faktycznie fizyczne. Nasze wyniki zgadzają się z wcześniejszymi badaniami, w których pokazano, że procesy ICO nie pozwalają na ekstrakowanie pracy w porównaniu do strategii uporządkowanych przyczynowo. Niemniej jednak, wynik nie jest ostateczny i wymagają dalszych badań. Z drugiej strony, dla procesów, które nie łamią CI, szczególnie dla QS, przedstawiamy wyniki techniczne dotyczące jego zastosowania do aktywacji stanów pasywnych oraz niestabilności QS dla stopnia swobody kontrolującego, który wchodzi w interakcję z termalnym środowiskiem. Oba te aspekty mają istotny wpływ na uwzględnianie efektów termicznych w opisie technologicznych implementacji QS. Uważamy, że niniejsza praca wnosi cenną wiedzę do rosnących wysiłków w zrozumieniu ICO i wykorzystaniu go w zastosowaniach w rzeczywistości.

Słowa kluczowe: Nieokreślony Porządek Przyczynowy; Termodynamika; Nierówności Przyczynowe; Kwantum Switch; Teoria Informacji Kwantowej.