

Korespondencja AdS/CFT to matematyczna równoważność pomiędzy niektórymi konforemnymi teoriami pola (zwanymi w skrócie CFT) a teoriami grawitacji z negatywną stałą kosmologiczną, czyli z negatywną całkowitą krzywizną. Oznacza to, że korespondencja ta, zwana także dualnością, stanowi pomost pomiędzy opisem materii w zakrzywionej czasoprzestrzeni a kwantową teorią pól i ich oddziaływań z drugiej. Jest to niezwykle potężne narzędzie matematyczne, pozwalające na przełożenie problemów obliczeniowych na tę teorię, w której są one wyraźnie prostsze. Otwiera to zupełnie nowe perspektywy badania fizyki teoretycznej i jej najważniejszych zagadnień, jak na przykład istota natury czasoprzestrzeni, ewolucja materii spadającej na czarną dziurę czy ograniczenia na moc obliczeniową komputerów kwantowych. W związku z tym w ciągu ostatnich dwóch dekad korespondencja AdS/CFT stała się jedną z najszybciej rozwijających się gałęzi fizyki teoretycznej.

W tym czasie rozległe badania tej równoważności umożliwiły stworzenie tzw. słownika holograficznego, który wiąże ze sobą wielkości z kwantowej teorii pola z dualnymi wielkościami po stronie grawitacji. Obliczenie niektórych wielkości w kwantowej teorii pola może być niezwykle trudne. Dzięki dualności holograficznej możemy w dużo prostszy sposób liczyć te same wartości po stronie grawitacji, co stanowi dużo mniejsze wyzwanie obliczeniowe. Każdy nowy element słownika holograficznego prowadzi do wielkiego postępu w naszym rozumieniu najbardziej fundamentalnych praw natury.

W ostatnim czasie przeprowadzono badania nad dwoma nowymi elementami tego słownika. Sugerują one geometryczne właściwości czasoprzestrzeni w teorii grawitacji (jak np. objętości) mają interpretację opisującą złożoność teorii pola lub jej podatność na tzw. wierność (ang. *fidelity*). Oba te zagadnienia tworzą teorię kwantowej informacji i mogą być interpretowane jako opis złożoności danego stanu względem innego stanu stanowiącego punkt odniesienia. Zrozumienie tych dwu cech słownika holograficznego pozwoli na lepsze zrozumienie natury korespondencji AdS/CFT oraz jej związków z teorią grawitacji, kwantową teorią pola i teorią informacji kwantowej. Doprowadzi to do dynamicznego rozwoju tych teorii i znalezienia szeregu ich praktycznych zastosowań w teorii kwantowej informacji, w dziedzinie kwantowych komputerów, nanotechnologii, czy kwantowej kryptografii.

Wstępne wyniki moich badań w tym temacie sugerują, że modele AdS/CFT zawierające tzw. brzegowe konforemne teorie pola (tzw. BCFT, czyli teorie oparte na przestrzeni z brzegiem, jak np. półpłaszczyzna) odnoszą się do wspomnianej już analogii pomiędzy teorią złożoności a tzw. podatnością na wierność w ramach tzw. twierdzenia „g”. Mówi ono, że obniżając temperaturę obniżamy też entropię brzegowej teorii BCFT. Używając korespondencji AdS/CFT wykazałem, że dla tej klasy teorii złożoność układów i podatność na wierność także powinny obniżać się z temperaturą. Twierdzenie „g” jest tylko jednym z wielu przypadków tego typu zależności. Kolejnym przykładem jest bardziej znane twierdzenie „c”, które również może zawierać w sobie wiele analogii pomiędzy złożonością a podatnością na wierność. Zależności te nie zostały jeszcze zbadane. Celem moich badań jest wypełnienie luki w naszej wiedzy w tej dziedzinie używając metod korespondencji AdS/CFT. Otrzymane wyniki mogą mieć przełomowe znaczenie dla naszego zrozumienia teorii grawitacji, kwantowej teorii pola, jak i wiele zastosowań praktycznych w przyszłości.