

W fizyce matematycznej, korespondencja AdS/CFT to hipotetyczna relacja według, której pewne teorie kwantowe (konforemne kwantowe teorie pola, CFT w skrócie, zwane „brzegiem”) mogą być opisane w matematycznie równoważny sposób przez teorie grawitacji (zwane „bulk”) w czasoprzestrzeni o ujemnej krzywiznie (przestrzeń anty-de Sittera, AdS). To sprawia, że jest to niezwykle potężne narzędzie, które pozwala przełożyć pytania dotyczące jednej strony dualności na pytania dotyczące teorii po drugiej stronie dualności, gdzie mogą być łatwiejsze do rozwiązania za pomocą dostępnych metod matematycznych. Na przykład obliczenie ilości splątania kwantowego obecnego w układzie kwantowym stanowi poważne wyzwanie matematyczne. Jednak AdS/CFT odwzorowuje ten problem na geometryczne zagadnienie podobne do obliczenia kształtu bańki mydlanej, które jest ogólnie o wiele prostsze niż standardowe rachunki. To odwzorowanie jest przykładem „słownika holograficznego”, a korespondencja AdS/CFT jest przykładem „dualności holograficznej”.

Jednak, pomimo wielu sukcesów, jest wciąż niejasne jak duża jest rodzina teorii dla których hipotetyczna korespondencja AdS/CFT może być wiarygodnie używana i gdzie leżą granice jej stosowalności. Dlatego naszym głównym zagadnieniem badawczym jest:

*Jakie mogą być holograficzne przewidywania dla realistycznych układów kwantowych i odwrotnie, jakie własności takich układów stanowią przesłanki do istnienia dualnego opisu holograficznego?*

W tym celu przeprowadzimy trójstronny program badawczy obejmujący trzy wzajemnie powiązane tematy badawcze dotyczące aspektów korespondencji AdS/CFT: (A) uniwersalność jej zastosowań, (B) emergentna natura grawitacji w zastosowaniach holograficznych oraz kluczowy (C) teoria informacji kwantowej w holografii. Po pierwsze (A) zbadamy zastosowania AdS/CFT do rozwiązywania problemów w kwantowej teorii pola i podejmiemy próbę zdefiniowania kryteriów, które odróżniają teorie pola z opisem holograficznym od teorii, które takiego opisu nie posiadają. Po drugie (B) rozważymy korespondencję AdS/CFT jako rodzaj emergentnej grawitacji tj. matematycznej struktury, w której prawa grawitacji powstają jako wypadkowa bardziej fundamentalnych zasad. Zbadamy w jaki sposób można zrekonstruować dynamiczną i potencjalnie uogólnioną geometrię z teorii brzegowej, oraz czego możemy się dowiedzieć o naturze (kwantowej) grawitacji i realnych czarnych dziur z tej perspektywy. Po trzecie (C) zbadamy znaczenie pojęć teorii informacji kwantowej w holografii. W szczególności zbadamy zjawisko splątania kwantowego i jego rolę w identyfikacji teorii z opisami holograficznymi. Kolejnym głównym celem tego projektu będzie zdefiniowanie i obliczenie miar złożoności stanu kwantowego. Zbadamy dokładne definicje tych wielkości zarówno w czasoprzestrzeni „bulk” jak i na brzegu i wzajemnie porównamy wyniki tak, aby dopisać złożoność jako kolejny element słownika holograficznego.

Oczekujemy, że w ten sposób otrzymamy fundamentalne kryteria pozwalające rozróżnić domniemane teorie posiadające dualny opis holograficzny od teorii bez takiego opisu tzn. zdeteminujemy co nadaje teorii cechy holograficzne. AdS/CFT z konieczności jest interdyscyplinarnym kierunkiem badawczym zahaczającym o kwantową teorię pola, teorię informacji kwantowej oraz fizykę fazy skondensowanej. Ustalenie, w jakich warunkach AdS/CFT i holografia mogą być wiarygodnie stosowane w układach i zagadnieniach istotnych doświadczalnie (a nie wyłącznie jako wygodną hipotezę przyjmowaną na wiarę), miałyby pierwszorzędne znaczenie nie tylko dla tej dyscypliny, ale również dla wszystkich dziedzin przyległych. Stworzono by wówczas zupełnie nowe narzędzie dla badaczy ze wszystkich tych dziedzin. Zwłaszcza koncepcje związane ze złożonością mogą mieć zastosowania w teorii obliczeń kwantowych, ważnej dziedziny współczesnej nauki. Dodatkowo, jeśli w kierunku badawczym B będzie możliwe zrozumienie w jaki sposób przynajmniej niektóre aspekty grawitacji wynikają z bardziej fundamentalnych stopni swobody da to wskazówki do zrozumienia natury grawitacji w naszym Wszechświecie. Byłby to znaczący postęp w zrozumieniu fundamentalnych sił przyrody oraz natury otaczającej nas rzeczywistości.