

Osobliwości kwantowe w modelach holograficznych

Adam Bzowski

Teoria Względności Einsteina przewiduje istnienie czarnych dziur: niezwykle masywnych obiektów otoczonych nadzwyczaj silnym polem grawitacyjnym. Ich grawitacja jest tak silna, że przyciąga wszystko, w tym światło. I wszystko co wpadnie do czarnej dziury nieuchronnie czeka spotkanie z osobliwością: punktem gdzie pole grawitacyjne staje się nieskończenie silne. Chociaż przez lata czarne dziury uważane były za byty czysto matematyczne, współczesne obserwacje astronomiczne, połączone z niedawnym zarejestrowaniem fal grawitacyjnych nie pozostawiają wątpliwości: czarne dziury istnieją. Co ciekawe fakt ten stanowi spory problem, zwany „paradoksem informacyjnym”. Otóż w latach siedemdziesiątych Stephen Hawking zszokował świat nauki przewidując, że czarne dziury nie są całkowicie czarne, emitują one bowiem promieniowanie. Co więcej, zgodnie z jego przewidywaniami, w skończonym czasie samotna czarna dziura powinna wypromieniować całą swoją masę i zniknąć. Problemem jest tutaj fakt, że dowolny obiekt wrzucony uprzednio do czarnej dziury zostanie zamieniony w termiczne promieniowanie, a więc cała informacja o tym obiekcie zostanie zapomniana. Jest to sprzeczne ze świętą zasadą mechaniki kwantowej zwaną „unitarnością”, czyli kwantową wersją determinizmu.

Przez niemal 50 lat tysiące artykułów próbowały rozwiązać paradoks informacyjny. Przeprowadzane badania nie tylko przybliżyły nas do jego rozwiązania, ale przede wszystkim odkryły niezliczoną ilość fascynujących faktów dotyczących natury kwantowej grawitacji, mechaniki kwantowej i kosmologii. Niemniej jednak, pomimo wysiłków, ostateczny cel nie został osiągnięty. Celem tego projektu jest spojrzenie na paradoks informacyjny z nowej perspektywy. Niedawne odkrycia sugerują istnienie bliżej nieznanego, tajemniczego oddziaływania pomiędzy wnętrzem i zewnątrz czarnej dziury, przypominającego relację pomiędzy dwoma stronami lustra. Ale w przeciwieństwie do typowego lustra, czarna dziura powinna wyglądać niczym niezwykle pokrzywione zwierciadło, które zniekształca obraz w bardzo chaotyczny sposób. Aby rozwiązać paradoks informacyjny należy zatem podać przepis jak odtworzyć oryginalny opis przedmiotu z niewyraźnego obrazu, czyli odtworzyć kształt lustra-czarnej dziury.

Rozwiązanie zagadki może leżeć na styku holografii i kosmologii. Dualność holograficzna jest niezwykle potężnym narzędziem odkrytym w 1997 roku przez Juana Maldacene. Podobnie do słynnej dualności korpuskularno-falowej, stwierdzającej, że jeden obiekt – powiedzmy elektron – może być opisywany zarówno jako fala jak i cząstka, dualność holograficzna mówi nam, że czarna dziura może być opisana w alternatywnym języku, który nawet nie zawiera grawitacji. Fakt ten powoduje, że niektóre problemy dotyczące czarnych upraszczają się. Jeśli natomiast chodzi o kosmologię, to kluczowy jest tu fakt, że wewnątrz czarnej dziury przypomina ewoluujący w czasie wszechświat. Nie jest to nasz wszechświat (na szczęście!), gdyż nasz rozszerza się we wszystkich kierunkach, podczas gdy wszechświat odpowiadający wewnątrz czarnej dziury rozszerza się w niektórych kierunkach, ale kurczy w innych. Niemniej jednak istnieją również metody holograficzne przystosowane do badania takich dziwnych światów. I na tym zasadza się proponowane przeze mnie podejście do problemu: holografii można użyć do badania czarnej dziury z „dwóch stron”: od środka, używając holografii dla kosmologii i od zewnątrz, stosując bardziej standardowe metody. W ten sposób zdobędziemy możliwość porównania obrazów po obu stronach lustra, a więc będziemy w stanie zrekonstruować powierzchnię tego tajemniczego lustra. Czyli będziemy w stanie powiedzieć jaki fundamentalny mechanizm odpowiedzialny jest za paradoks informacyjny.