

Samoistne Struktury w Grawitacji Kwantowej

Głównym celem badawczym projektu jest próba odpowiedzi na fundamentalne pytania dotyczące natury czasu i przestrzeni, takie jak „Czy czas i przestrzeń istnieją?” i „Czy czas i przestrzeń składają się z niewielkich kwantowych składników, podobnie jak materia?”. Aby znaleźć przekonującą odpowiedź na te pytania, musimy odwołać się do nauki, a w szczególności do tego, co nam mówi współczesna fizyka. Z ogólnej teorii względności Einsteina wiemy, że grawitacja jest mocno związana z czasem i przestrzenią w taki sposób, że zjawiska przestrzenne i czasowe, jak np. tykanie zegara, są nie tylko poddane działaniu pola grawitacyjnego, ale same są manifestacją tego pola. Jeśli założymy, że grawitacja jest takim samym polem, jak pole elektromagnetyczne, to jest bardzo prawdopodobne, że przy bliższym wglądzie dostrzeżemy w niej dziwne zachowanie typowe dla systemów kwantowych. Jednakże jeśli grawitacja i czasoprzestrzeń są tożsame, wynika stąd, że czas i przestrzeń powinny się zachowywać w niewielkich skalach jak obiekty kwantowe. Zgodnie z najbardziej obiecującymi programami kwantyzacji pola grawitacyjnego w ogólnej teorii względności, tak jest w istocie rzeczy.

Wszystkie dotychczasowe zastosowania kwantowej ogólnej teorii względności do pewnego stopnia zgadzają się w tym, że przestrzeń fizyczna w skali niewielkich odległości jest superpozycją struktur o bardzo słabych (lub wręcz nieistniejących) przestrzennych konotacjach – złożonych z wartości pól albo z atomów w sensie dosłownym. W takiej jednak sytuacji jest zupełnie niezrozumiałe, jak klasyczna przestrzeń może wyłonić się z „piany” kwantowej różnych i wzajemnie wykluczających się rozkładów części, którym może wręcz brakować własności przestrzennych. Innym otwartym problemem w kwantowej ogólnej teorii względności jest to, że wiele procedur kwantowania prowadzi do statycznego, bezczasowego równania rządzącego zachowaniem fundamentalnych składników teorii – czymkolwiek one są. Może to sugerować, że na fundamentalnym poziomie czas po prostu nie istnieje, albo też – mniej radykalnie – że czasowe stopnie swobody są ukryte w formalizmie lub zostały usunięte z formalizmu kwantowego przez błędną procedurę kwantyzacji.

Niniejszy projekt na wstępie dokona pogłębionej analizy tego, czym naprawdę jest superpozycja kwantowo-grawitacyjnych „kawałków”. W tym celu przyjęte zostanie podejście do fizyki kwantowej znane jako „ontologia pierwotna” (*primitive ontology*). Istotą tego podejścia, sięgającego do francuskiego fizyka Louisa de Broglie’a, jest założenie, że fenomeny kwantowe, takie jak superpozycja, w istocie nie są realne, a jedynie wynikają z niekompletnego opisu systemów kwantowych. Fizyce kwantowej brakuje „ontologicznych fundamentów” w postaci przedmiotów o dobrze określonym położeniu w każdym momencie. Kiedy wprowadzi się prawo dynamiczne opisujące zachowanie ontologii pierwotnej, powstała w ten sposób teoria może odtworzyć przewidywania standardowej teorii kwantowej. Jeśli zatem to podejście może zostać zastosowane w kwantowej ogólnej teorii względności, problem superpozycji struktur kwantowo-grawitacyjnych może być zażegnany. Jednakże pozostaje problem dostarczenia spójnego ujęcia struktur, które nie są w czasie i przestrzeni. Próba rozwiązania tego problemu będzie oparta na przyjęciu metafizycznego stanowiska znanego jako ontyczny realizm strukturalny. Zgodnie z tym stanowiskiem podstawowe byty są w istocie strukturami, czyli sieciami złożonymi z obiektów pozostających w relacjach fizycznych. Istotne jest to, że w podejściu realisty strukturalnego przedmioty nie muszą podlegać indywidualizacji ze względu na ich położenie przestrzenne; wystarczy do tego celu określić ich „położenie” w strukturze relacyjnej. W wyniku prowadzonych badań zostanie sformułowana dokładna charakterystyka tego, czym jest dane rozmieszczenie kwantowo-grawitacyjnych „kawałków” oparta na metafizycznym podejściu do pojęć „przedmiotu”, „relacji” i „struktury” w kontekście, w którym nie istnieje zewnętrzna przestrzeń ani czas umożliwiające nadanie tym pojęciom prostego znaczenia. Badania również będą dotyczyć tego, jak takie przestrzenne „samo-istniejące” struktury ewoluują dynamicznie w sposób, który umożliwi wyjaśnienie tego, jak może wyłonić się z nich zwykły czas i przestrzeń. Również podjęty zostanie problem ontologicznego statusu czasu, co pokaże, że nie ma potrzeby, aby całkowicie eliminować ten byt z dziedziny kwantowej.

Pytanie o to, jak wygląda czas i przestrzeń w skali kwantowej jest uprawnione i interesujące z punktu widzenia fizyków, filozofów i wszystkich zainteresowanych ostateczną naturą rzeczywistości. Obraz bezczasowego, „zamarzniętego” wszechświata – dostarczany *prima facie* przez kwantową teorię grawitacji opisującą fundamentalną rzeczywistość – reprezentuje radykalne zerwanie z intuicyjnym, obserwowalnym obrazem świata, do którego jesteśmy przyzwyczajeni. Z tego powodu jesteśmy zobligowani do uzupełnienia i wyprecyzowania obrazu dostarczanego przez fizykę współczesną, aby wyjaśnić, w jaki sposób odzyskać nasze codzienne rozumienie czasu i przestrzeni.