POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU (W JĘZYKU POLSKIM)

Od niepamiętnych czasów ludzie starają się poznać podstawowe prawa rządzące Wszechświatem. Obowiązujące przed początkiem XX wieku teorie fizyczne zalicza się do tzw. teorii klasycznych. Teorie te nadają się świetnie do opisu zjawisk makroskopowych z jakimi spotykamy się na co dzień, jednak zawodzą w bardzo małych skalach, porównywalnych lub mniejszych od rozmiarów atomu. Zjawiska w tak małych skalach można opisać przy pomocy stworzonej na początku XX wieku mechaniki kwantowej. Jej głównym osiągnięciem jest opracowanie tzw. Modelu Standardowego, który niezwykle dokładnie (w pełni zgodnie z wszystkimi dotychczasowymi doświadczeniami) opisuje trzy spośród czterech podstawowych oddziaływań (są to oddziaływania elektromagnetyczne, słabe oraz silne). Brakującym ogniwem jest wciąż nieskwantowane oddziaływanie grawitacyjne. Obowiązująca obecnie klasyczna (niekwantowa) teoria grawitacji została stworzona około 100 lat temu przez Alberta Einsteina. Jest to tzw. ogólna teoria względności, która opisuje oddziaływanie grawitacyjne poprzez zakrzywienie geometrii (kształtu) czterowymiarowej czasoprzestrzeni. Teoria ta świetnie sprawdza się do opisu obiektów makroskopowych, takich jak gwiazdy, czarne dziury, czy wreszcie cały Wszechświat. Ostatnim przykładem spektakularnego potwierdzenia jej przewidywań jest odkrycie istnienia fal grawitacyjnych.

Model Kauzalnych Dynamicznych Triangulacji (CDT) jest próbą przeniesienia teorii grawitacji Einsteina na płaszczyznę kwantową. Uważa się, że w przypadku oddziaływania grawitacyjnego efekty kwantowe mogą być istotne w ultra małych skalach - rzędu miliarda miliardów razy mniejszych niż rozmiary jądra atomowego. Tak małe odległości nie są obecnie i być może nigdy nie będą dostępne eksperymentalnie, tym niemniej prawa nimi rządzące mogą mieć znaczenie dla zrozumienia ewolucji bardzo wczesnego Wszechświata, czy też opisu efektów zachodzących w ekstremalnych obszarach czasoprzestrzeni, takich jak np. czarne dziury. Dlatego od blisko 100 lat fizycy próbują formułować i badać teorie ich dotyczące, znane potocznie pod nazwą kwantowej grawitacji. Badanie własności kwantowej grawitacji w modelu CDT odbywa się dzięki skomplikowanym symulacjom numerycznym wykonywanym przy użyciu komputera. Symulacje te pozwalają mierzyć pewne cechy kwantowej czasoprzestrzeni ”budując” ją z wielowymiarowych obiektów zwanych sympleksami, trochę podobnie jak dziecko buduje skomplikowane konstrukcje przestrzenne z klocków lego. Chociaż same klocki lego są trójwymiarowymi prostopadłościanami, możemy z nich zbudować obiekty o istotnie różnych właściwościach geometrycznych. Gdy ułożymy jeden klocek na drugim dostaniemy jednowymiarową linię, z tych samych klocków możemy także zbudować dwuwymiarową powierzchnię czy dowolną trójwymiarową bryłę. Możemy także skonstruować obiekt, który nie będzie przypominać żadnej z wyżej wymienionych konstrukcji: ani jednowymiarowej linii, ani dwuwymiarowych powierzchni ani trójwymiarowych brył - może on być np. pełny rozgałęzień. W modelu CDT ”klocki” są nieco bardziej skomplikowane, gdyż mają aż cztery wymiary (trzy kierunki przestrzenne + czas). Dotychczasowe badania prowadzą do wniosku, że kwantowa czasoprzestrzeń może występować w kilku odmiennych fazach geometrii - różniących się, podobnie jak opisane powyżej konstrukcje z klocków, efektywnym wymiarem. Jako analogię możemy sobie wyobrazić zwykłą wodę, która może znajdować się w różnych stanach skupienia (lód, ciecz, para) o odmiennych cechach fizycznych. W przypadku wody zmiany fazy (np. topnienie/zamarzanie) występują pod wpływem zmian temperatury i ciśnienia. W przypadku kwantowej grawitacji przejścia fazowe są związane ze zmianami parametrów teorii Einsteina (stałej Newtona i stałej kosmologicznej). Możliwe, że takie przejścia fazowe wystąpiły w bardzo wczesnym Wszechświecie, zatem poznanie ich własności jest niezwykle interesujące.

Jednym z podstawowych założeń modelu CDT jest niezmienność tzw. topologii przestrzeni. Pod tym pojęciem kryją się bardzo ogólne cechy dopuszczalnych klas geometrii (kształtów) jakie przestrzeń może przyjmować. Cechy te nie ulegają zmianie nawet po radykalnym zdeformowaniu geometrii - można sobie np. wyobrazić, że przestrzeń to skomplikowany plastelinowy kształt, który można dowolnie skręcać, wyginać, zgniatać lub rozciągać, ale nie wolno w nim tworzyć dziur, rozrywać go ani zlepiać różnych jego części (np. plastelinową kulkę możemy bez zmiany topologii przekształcić w plastelinowy sześcian, ale nie możemy jej bez rozerwania, zlepienia czy przedziurawienia przekształcić w plastelinowy obwarzanek). Ponieważ nie znamy rzeczywistej topologii Wszechświata, możemy się jedynie zastanawiać jak wybór określonej topologii wpłynie na badane przez nas teorie. Dotychczasowe badania modelu CDT dotyczyły głównie sferycznej topologii przestrzeni (przestrzeń można było poprzez opisane powyżej deformacje przekształcić w trójwymiarowy odpowiednik powierzchni kuli). Planowany projekt zakłada zbadanie własności modelu CDT dla topologii torusa (trójwymiarowy odpowiednik powierzchni obwarzanka).