

Kauzalne Dynamiczne Triangulacje (CDT) są modelem grawitacji kwantowej próbującym znaleźć rozwiązanie jednego z najważniejszych problemów współczesnej fizyki. Standardowy kwantomechaniczny opis grawitacji nie działa, więc potrzebne są alternatywne podejścia. CDT używają prostej idei: budowy czasoprzestrzeni z małych „klocków”, które automatycznie zawierają rozdzielanie czasu i przestrzeni. Rozdzielenie to zapewnia kauzalną ewolucję przestrzennych „plastrów”, na przykład w przypadku CDT w 3+1 wymiarach, opisywana jest ewolucja 3-wymiarowych przestrzeni. Dynamika tych klocków jest wyznaczona przez działanie Einsteina-Hilberta, które zawiera wkład od energii kinetycznej i potencjalnej układu. Klocki tworzą wszechświaty o wielkości kilku długości Plancka, których kształt jest określony przez istotne stałe sprzężenia. Stałe te to stała kosmologiczna, stała grawitacji i parametr asymetrii (związany z prędkością światła). Analityczne rozwiązania istnieją tylko w 2 wymiarach, więc przypadek 4-wymiarowy musi być rozwiązywany w inny sposób. Jako rozwiązanie numeryczne używamy metody Monte Carlo (MC) łańcuchów Markowa. Matematyczna forma 3+1-wymiarowych sympleksów (klocków) jest zaimplementowana w naszym kodzie MC, a cechy procesu Markowa zapewniają, że jest to konsystentne z teorią. Cała idea jest bardzo prosta: używając klocków generujemy wszystkie możliwe konfiguracje (jedna z których powinna być możliwym Wszechświatem), z prawdopodobieństwem wyznaczanym przez działanie Einsteina-Hilberta. Oprócz topologii konfiguracji nic więcej nie jest włożone do symulacji ręcznie. Podczas symulacji znaleźliśmy 4 różne typy kształtów wszechświata, odpowiadające różnym zestawom wartości istotnych stałych sprzężenia. Praca w ramach mojego doktoratu obejmuje szczegółową analizę regionów diagramu fazowego przez opis punktów i linii, w których fazy spotykają się. Teoria grawitacji kwantowej istnieje jedynie jeżeli istnieje zestaw wartości istotnych stałych sprzężenia, który odpowiada punktowi stałemu teorii. W tym przypadku można będzie użyć istniejących metod do analitycznego rozwiązania teorii wokół tego punktu. Nasze numeryczne pomiary mogą być użyte do wyznaczenia wartości tego nadfioletowego punktu stałego, w ten sposób oferując niezbędne brakuje połączenie pomiędzy obliczeniami numerycznymi i analitycznymi. Czasoprzestrzeń zbudowana wyłącznie z sympleksów to pusty wszechświat wypełniony tylko próżnią. W naszym wszechświecie widzimy nie tylko próżnię, ale też materię. Pracujemy nad wprowadzeniem mas w formie linii w czasoprzestrzeni. Czterowymiarowa linia opisuje cząstkę; jeśli dodamy dwie lub więcej takich linii do konfiguracji, to wpływ linii masowych na konfiguracje i na siebie nawzajem może być zmierzony. Ponieważ dynamika jest rządzone działaniem Einsteina-Hilberta, to pomiary podlegają regułom OTW i linie masowe również powinny działać zgodnie z nimi. Efekty linii masowych mogą być porównane z OTW, a nawet z klasyczną newtonowską grawitacją. To porównanie byłoby pierwszym wynikiem kwantowej grawitacji poprawnie modelującej masywne cząstki i pierwszym porównaniem zachowania mas w fizyce klasycznej z ich zachowaniem w skali Plancka. Od kiedy byłem dzieckiem zawsze marzyłem o wkładzie w rozwój nauki przez pracę nad kwantową grawitacją. W tym projekcie i dzięki mojemu promotorowi prof. Jerzemu Jurkiewiczowi to marzenie może się ziścić. Grawitacja kwantowa to kluczowa teoria współczesnej fizyki i możliwe rozwiązanie jej mogłoby pomóc ludziom przyszłości zrozumieć nasz świat jeszcze lepiej, co uważam za bardzo atrakcyjne.