

Badanie wczesnego Wszechświata przy pomocy fal grawitacyjnych

Marek Lewicki

Większość posiadanych przez nas obecnie informacji na temat wczesnych etapów ewolucji Wszechświata pochodzi z mikrofalowego promienia tła (*z ang.* Cosmic Microwave Background). Tło to składa się z fotonów podobnie jak zwykle promienie światła, jednak te fotony docierające do nas z kosmosu zostały wyprodukowane gdy wszechświat miał zaledwie czterysta tysięcy lat. Wtedy właśnie ostatnie naładowane cząstki odnalazły swoich partnerów o przeciwnym ładunku i wszechświat stał się neutralny elektrycznie a więc i przezroczysty. Od tamtej pory fotony te podróżowały do nas aby w końcu ułożyć się w obraz nieba z przed czternastu miliardów lat. Ten obraz nazywany jest właśnie mikrofalowym promieniowaniem tła i dzięki jego skrupulatnej analizie dowiedzieliśmy się prawie wszystkiego o wczesnym wszechświecie.

Proponowany projekt dotyczy jednak innego tła, które mogło zostać wyprodukowane we wczesnym wszechświecie o wiele wcześniej niż mikrofalowe promieniowanie tła, a mianowicie tła fal grawitacyjnych. Istnienie tych fal zostało zapostulowane już sto lat temu przez Einsteina jako jeden z elementów ogólnej teorii względności. Fale te to małe zakrzywienia czasoprzestrzeni, które mogą powstać gdy ogromne masy gwałtownie przyspieszają. Po powstaniu fale te oddziałują niezwykle słabo i do wykrycia ich potrzeba było niezwykle precyzyjnych pomiarów, które po raz pierwszy udało się przeprowadzić dopiero kilka lat temu kolaboracji LIGO. W szczególności udało się zaobserwować fale grawitacyjne wytworzone podczas kolizji dwóch czarnych dziur.

Choć te fale produkowane podczas zderzeń obiektów astrofizycznych również niosą ze sobą mnóstwo ciekawych informacji, nasz projekt skupia się na falach wyprodukowanych dużo wcześniej gdy nasz Wszechświat był jeszcze bardzo młody. Dzięki wspomnianemu już niezwykle słabemu oddziaływaniu fale grawitacyjne mogą podróżować bez przeszkód od momentu swojej produkcji. To oznacza z kolei, że wszechświat był dla nich przezroczysty nawet zanim stał się przezroczysty dla fotonów kiedy to powstało mikrofalowe promieniowanie tła. Fakt ten daje nam niemożliwą wcześniej okazję do oglądania Wszechświata tuż po jego narodzinach.

Planujemy w szczególności zająć się tłami fal grawitacyjnych, które mogły powstać dzięki przemianom fazowym. Przemiana taka, jeśli jest silna, przypomina do pewnego stopnia wrzenie wody w garnku, gdy powstają bąble nowej fazy, w tym przypadku pary, które następnie rosną zmieniając resztę starej fazy tj. pozostałą wodę w nową fazę. Różnica polega na tym, że w kosmologicznych przemianach fazowych, którymi będziemy się zajmować naszym garnkiem jest cały wszechświat, który wrze podczas gdy bąble nowej fazy powstają i pochłaniają poprzednią fazę. Te fazy we wczesnym wszechświecie to różne możliwe próżnie w naszym modelu teorii cząstek. Różnice pomiędzy nimi stanowi fakt, że po przemianie cząstki wcześniej bezmasowe mogą stać się masywne. Dziś wszystkie znane cząstki poza fotonem są masywne jednak wiemy, że w czasie narodzin wszechświata wszystkie one nie miały masy więc musiała zajść przynajmniej jedna taka przemiana. Choć w praktyce nie musiała ona być silna to gdyby tak jak w naszym przykładzie była, pozostawiałaby po sobie tło fal grawitacyjnych, które mogłyby nam dać nowe bezcenne informacje o początkach wszechświata.

Problemem w tym scenariuszu, który nasz projekt ma pomóc rozwiązać jest skomplikowane modelowanie takiej przemiany jak i powstającego w jej trakcie tła fal grawitacyjnych. Pierwszym nadal nie rozwiązany problem jest to jaka część fal może pochodzić ze zderzeń rosnących bąbli a jaka powstanie dopiero po przemianie w skutek powodowanych przemianą przepływów plazmy wypełniającej wszechświat. Kolejny problem to modelowanie sygnału tworzonego przez plazmę i różne zachodzące w niej po przemianie procesy. Choć może się wydawać, że to już detale to jednak dokładne ich zrozumienie jest niezbędne jeśli chcemy zidentyfikować model fizyki cząstek, który stoi za naszą przemianą i opisuje nasz Wszechświat.