

Abstrakt

Niniejsza rozprawa bada teorię grawitacji oraz obserwable kosmologiczne w reżimach teoretycznym, fenomenologicznym i empirycznym.

Pierwsza część rozwija sformułowanie hamiltonowskie klasy teorii grawitacji, które można interpretować jako teorie cechowania zespolonej grupy Lorentza ze spontanicznym łamaniem symetrii. W tym formalizmie pole grawitacyjne opisane jest przez pole cechowania przyjmujące wartości w algebrze Liego grupy $SO(1,3)_{\mathbb{C}}$ oraz przez pole typu Higgsa przyjmujące wartości w jej reprezentacji fundamentalnej. Analiza wykazuje, że liczba propagujących się stopni swobody zależy zasadniczo od parametru kontrolującego względne ważenie sektorów samo-dualnego i anty-samo-dualnego. Dla niezerowych wartości tego parametru teoria propaguje trzy zespolone stopnie swobody na ogólnych tłach, natomiast czysto urojone wartości $\pm i$ odtwarzają rozszerzenie Ogólnej Teorii Względności w reżimie złamanej symetrii. Dla wartości zerowej teoria nie posiada lokalnych stopni swobody. Zatem w tej klasie modeli istnienie lokalnych grawitacyjnych stopni swobody jest powiązane z chiralną asymetrią w sektorze grawitacyjnym.

Następnie rozważany jest model inflacyjny motywowany lewoprawosymetrycznymi rozszerzeniami sektora materii oraz pierwszorzędownym sformułowaniem grawitacji. Rozszerzony sektor Higgsa dopuszcza nieminimalne sprzężenia z grawitacją, prowadząc do efektywnej dynamiki inflacyjnej po redukcji do jednorodnego i izotropowego tła kosmologicznego. Ewolucja tła jest implementowana numerycznie, co pozwala na eksplorację dopuszczalnej przestrzeni parametrów oraz analizę związanych z nią obserwabli inflacyjnych. Szczególną uwagę poświęcono roli parametru Barbero–Immirziego, który w tym formalizmie może przyjmować zarówno wartości rzeczywiste, jak i urojone. Eksploracja modelu wykazuje, że wartość tego parametru nie wpływa w żaden statystycznie istotny sposób na rozkład a posteriori.

Rozdziały empiryczne poświęcone są najpierw słabemu soczewkowaniu grawitacyjnemu przez fotometryczne grzbiety gęstości. Analiza raportuje detekcję tego efektu o wysokiej istotności statystycznej w danych Dark Energy Survey Year 3, choć nie niezależnie od soczewkowania galaktyka–galaktyka. Rozwijane są ponadto udoskonalenia algorytmu przesunięcia średniej z ograniczeniem podprzestrzeni, stosowanego do wyznaczania grzbieni w skali przeglądu, a zależność sygnału soczewkującego od parametrów kosmologicznych i algorytmicznych badana jest w symulacjach. Stwierdzono, że sygnał zależy

przede wszystkim od $S_8 = \sigma_8(\Omega_m/0,3)^{1/2}$, zaś przed przeprowadzeniem precyzyjnego szacowania parametrów konieczne są dalsze ulepszenia metodologiczne.

Na koniec przeprowadzona zostaje analiza tomograficznych ograniczeń na astrofizyczne stochastyczne tło fal grawitacyjnych poprzez krzyżowe korelacje map intensywności fal grawitacyjnych z przeglądami galaktyk. Korzystając z wielkoskalowych map SGWB skonstruowanych na podstawie trzech pierwszych obserwacyjnych serii LIGO–Virgo oraz kilku tomograficznych próbek galaktyk, poszukujemy korelacji śladów astrofizycznej produkcji nierozwiązanych fal grawitacyjnych w czasie kosmicznym. Przy użyciu bieżących danych nie wykryto statystycznie istotnej korelacji krzyżowej galaktyki–SGWB. Niemniej tomograficzna natura analizy pozwala na wyznaczenie górnych granic na ważoną biasem gęstość tempa produkcji fal grawitacyjnych przez źródła astrofizyczne, powszechnie parametryzowaną przez $\langle b\dot{\Omega}_{\text{GW}} \rangle$.