

# Niejednorodne rozkłady pól we wczesnym Wszechświecie.

## Popularnonaukowy opis badań

Obserwacja mikrofalowego promieniowania tła w latach 1964-1965 była dla jego odkrywców Arno Alana Penziasa i Roberta Woodrowa Wilsona (nagroda Nobla z fizyki w roku 1978) tyle nieoczekiwana, co przełomowa dla kosmologii. Istnienie wypełniającego cały Wszechświat promieniowania będącego reliktem po Wielkim Wybuchu było postulowane już w latach 40. przez George'a Gamowa, Ralpha Alpera i Roberta Hermana, jednakże ich prace nie były znane odkrywcom tego promieniowania. Detekcja mikrofalowego promieniowania tła stanowi istotne potwierdzenie hipotezy Wielkiego Wybuchu, a jego aktualne pomiary jedno z głównych źródeł wiedzy o strukturze Wszechświata.

Mimo, że odkrycie mikrofalowego promieniowania tła przyczyniło się do ugruntowania teorii Wielkiego Wybuchu, niektóre cechy obserwowanego promieniowania, w szczególności jego izotropowość, są trudne do wyjaśnienia w ramach standardowego scenariusza kosmologicznego. Najbardziej popularnym rozwiązaniem większości problemów tego scenariusza jest hipoteza inflacyjna. Zakłada ona, że wczesny Wszechświat przeszedł przez fazę przyspieszającej ekspansji, nazywanej epoką inflacyjną. Jeśli okres ten trwał dostatecznie długo, pojedynczy przyczynowo powiązany obszar Wszechświata rozszerzył się na tyle, aby w późniejszym czasie stanowić źródło izotropowego mikrofalowego promieniowania tła. Ponieważ w epoce przyspieszającej ekspansji krzywizna Wszechświata spada, inflacja tłumaczy także, czemu współczesny Wszechświat jest niezwykle płaski. Ponadto szczegółowe badania pokazały, że inflacja produkuje drobne niejednorodności stanowiące załączki obserwowanych aktualnie struktur. Dotychczas zaproponowano wiele modeli inflacyjnych, które łączą wspomniane uniwersalne cechy, jednak różniących się ilościowymi przewidywaniami.

Dzięki niedawno opublikowanym wynikom pomiarów anizotropii mikrofalowego promieniowania tła wykonanych przez sondę Planck oraz eksperymentom BICEP i KEK, fenomenologia modeli inflacyjnych weszła w nową fazę. Otrzymane wartości indeksu spektralnego oraz ograniczenie na stosunek skalarnych do tensorowych modów fluktuacji wykluczyły, po raz pierwszy w historii, znaczną część modeli inflacyjnych. Planowane, przyszłe pomiary anizotropii mikrofalowego promieniowania tła będą precyzyjniejsze i pozwolą na dalsze ograniczenie przestrzeni dopuszczalnych modeli inflacyjnych.

Jednakże, większość stosowanych obecnie metod wyznaczania anizotropii promieniowania generowanych przez perturbacje powstałe podczas inflacji jest przybliżonych. Znaczny wkład do niepewności wyznaczanych w modelach inflacyjnych wielkości związanych jest ze słabym zrozumieniem procesu reheatingu.

W epoce inflacyjnej Wszechświat był zdominowany przez hipotetyczne, wywołujące inflację pole inflatonu. Aby możliwe było powstanie współczesnego Wszechświata, wypełnionego cząstkami Modelu Standardowego, musiał nastąpić proces produkcji tych cząstek związany z przekazem energii inflatonu do innych stopni swobody, nazywany reheatingiem. Proces ten przebiega w zgoła różny sposób w różnych modelach inflacyjnych, a jego fizyka nie jest do końca zrozumiana. Istnieje szereg przybliżonych metod szacowania wpływu reheatingu na teraźniejsze obserwacje, jednakże szereg z nich opiera się na założeniach, które nie zawsze są spełnione.

Najbardziej uniwersalną metodą badania procesu reheatingu są symulacje numeryczne przeprowadzane na siatkach, wykorzystujące moce obliczeniowe (super)komputerów. Symulacje te pozwalają na rzetelne badanie przebiegu reheatingu w wielu modelach inflacyjnych, także w tych dla których metody analityczne nie mogą być stosowane. Ponadto analogiczne symulacje mogą być używane do badania tak zwanych defektów topologicznych, między innymi kosmologicznych ścian domenowych, strun kosmicznych i monopoli magnetycznych; struktur powstałych z pierwotnych fluktuacji, które dzięki swojej stabilności mogły wpływać w znaczący sposób na ewolucję Wszechświata.

Mimo swoich niezaprzeczalnych zalet symulacje numeryczne na siatkach nie były dotychczas często stosowane przez kosmologów. Jest to spowodowane tym, że ich przygotowanie, a także interpretacja wyników są pracochłonne.

Celem niniejszego projektu jest badanie przebiegu procesu reheatingu w najbardziej obiecujących modelach inflacyjnych. W tym celu wykorzystane będą między innymi symulacje numeryczne na siatkach. Dzięki nowoczesnym metodą numerycznym wyznaczymy w tych modelach wartości obserwabli kosmologicznych z niezwykle precyzją. Projekt zakłada także dalsze badania fizyki defektów topologicznych.