

Abstract of the PHD dissertation "Instabilities and nonlinear interactions of scalar fields perturbations in models of cosmological inflation"

Michał Wieczorek

July 21, 2019

The theory of cosmological inflation, despite being widely accepted as the important ingredient of the concordance model of cosmology, suffers from a number of drawbacks and unresolved issues. In particular, it is still a very general concept and the relation of the inflaton field or fields with the standard model of particle physics remains unclear. Further theoretical inquiry, as well as improved measurements of cosmological parameters are needed to verify which, if any, model of inflation is realized in Nature.

The results of the research presented in the dissertation are aimed at decreasing the uncertainty of interpretation of CMB observables with respect to the features of inflationary models by improving the knowledge about post-inflationary reheating era and checking the impact of geometrical destabilization of inflation on inflationary trajectory. This goal was realized through three distinct research objectives.

The first one was the investigation of the plausibility of the self-resonance mechanism as reheating scenario in single-field inflationary models. Our investigation showed that self-resonance reheating is very rare among inflationary models. Out of 52 models, which we investigated, barring the already known example of single-field α -attractors T-models, we selected only one - KKLT inflationary model - characterized by effective parametric resonance reheating.

The second objective of our research was the analysis of parametric resonance reheating in α -attractor T-models of inflation. We showed that near the end of inflation the initially stable second field present in these models become tachyonic and is destabilized. We found that taking this fact into account may strongly speed up reheating compared to the previous speculations, which we based on the single field approximations. For small values of the parameter α reheating can be almost instantaneous and complete within the fraction of an e-fold.

The third research objective was the analysis how the mechanism of geometric destabilization may affect the inflationary trajectory. If we treat inflation as an effective field theory this mechanism emerge very naturally and seems to be quite generic. We found that it can significantly change the inflationary trajectory and results in the prolonged period of inflation. In this way the geometrical destabilization may change the cosmological predictions of the inflationary models.

The dissertation consists of six main chapters: 1) Introduction, 2) Description of theoretical background, 3) Floquet analysis of single-field inflationary models, 4) Parametric resonance and particle production during preheating in α -attractor T-models of inflation, 5) Geometrical destabilization and 6) Summary.

Beyond that there are three appendices: A) Field evolution and initial conditions for perturbations in the two-field model with non-canonical kinetic terms, B) Description of the program created to perform the lattice simulations of the evolution of scalar fields in the expanding Universe and C) The source code of the program for lattice simulations.

Streszczenie pracy doktorskiej pod tytułem "Instabilities and nonlinear interactions of scalar fields perturbations in models of cosmological inflation" ("Niestabilność i nieliniowe oddziaływania perturbacji pól skalarnych w modelach inflacji kosmologicznej")

Michał Wieczorek

July 21, 2019

Teoria inflacji kosmologicznej jest powszechnie uznawana jako integralna część standardowego modelu kosmologicznego. Mimo to istnieją liczne zastrzeżenia i nierozwiązane problemy dotyczące teorii inflacyjnej. W szczególności teoria ta jest bardzo ogólna, a związek inflatonu z polami Modelu Standardowego cząstek elementarnych nie jest znany. Potrzebne są dalsze badania teoretyczne oraz dokładniejsze pomiary parametrów kosmologicznych, aby stwierdzić czy i jeśli tak to który z modeli inflacyjnych był odpowiedzialny za wczesną ekspansję Wszechświata.

Badania, których wyniki są prezentowane w pracy doktorskiej miały na celu zmniejszenie niepewności interpretacji danych pochodzących z pomiarów mikrofalowego promieniowania tła względem parametrów teorii inflacyjnej. W szczególności celem było pogłębienie wiedzy dotyczącej poinflacyjnego podgrzania Wszechświata oraz zbadanie wpływu destabilizacji geometrycznej inflatonu na trajektorię inflacyjną. Cele te zostały zrealizowane poprzez 3 wyszczególnione projekty badawcze.

Pierwszym z nich było zbadanie w których jednopolowych modelach inflacyjnych mechanizm samorezonansu może być odpowiedzialny za poinflacyjne podgrzanie Wszechświata. Badania pokazały, że podgrzanie bazujące na tym mechanizmie jest niezwykle rzadką cechą modeli inflacyjnych. Wśród 52 zbadanych modeli, pomijając znany wcześniej przypadek modeli α -atraktorowych znaleziono tylko jeden - model KKLT - w którym podgrzanie Wszechświata może być oparte o samorezonans.

Drugim projektem badawczym będącym częścią przedstawionych badań było zbadanie podgrzania Wszechświata bazującego na mechanizmie rezonansu parametrycznego w modelach α -atraktorowych. Pokazano, że pod koniec inflacji pole spektatora ulega destabilizacji. Okazało się, że to zjawisko może istotnie przyspieszyć podgrzanie Wszechświata w porównaniu do wcześniejszych oszacowań pomijających pole spektatora.

Trzecim projektem badawczym była analiza wpływu geometrycznej destabilizacji inflatonu na trajektorię inflacyjną. Stwierdzono, że geometryczna destabilizacja może bardzo

istotnie zmienić trajektorie inflacyjną skutkując znacznym przedłużeniem epoki inflacji. W związku z tym istotnej zmianie mogą ulec przewidywania danego modelu inflacyjnego.

Praca doktorska jest napisana w języku Angielskim. Składa się z sześciu głównych rozdziałów: 1) Introduction, 2) Description of theoretical background, 3) Floquet analysis of single-field inflationary models, 4) Parametric resonance and particle production during preheating in α -attractor T-models of inflation, 5) Geometrical destabilization oraz 6) Summary.

Oprócz tego praca zawiera trzy załączniki: A) Field evolution and initial conditions for perturbations in the two-field model with non-canonical kinetic terms, B) Description of the program created to perform the lattice simulations of the evolution of scalar fields in the expanding Universe oraz C) The source code of the program for lattice simulations.