

ОТЗЫВ

оппонента на диссертационную работу

С. Р. Рамазанова

«Начальные этапы развития Вселенной: статистические свойства первичных возмущений»

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика

Одним из важнейших вопросов современной космологии является вопрос о том, каким образом в ранней Вселенной появились начальные условия для ее дальнейшего расширения, которое хорошо описывается моделью Большого Взрыва. Наиболее успешной теорией ранней Вселенной, которая естественным образом объясняет однородность, плоскостность, высокую энтропию Вселенной а также почти плоский спектр начальных возмущений, является модель инфляции.

Однако, плоский спектр возмущений (спектр Гэрисона-Зельдовича) может возникать не только так, как это объясняет теория инфляции, но и в других моделях. Разработка таких моделей важна, в частности, потому, что они могут быть применимы для объяснения возникновения возмущений в моделях ранней Вселенной, альтернативных теории инфляции, таких как, например, модели в которых расширению предшествует стадия сжатия Вселенной. Диссертация посвящена разработке и всестороннему изучению одной из таких моделей. Поэтому актуальность работы не вызывает сомнений.

В диссертации проведено исследование качественно нового механизма возникновения первичных скалярных возмущений с плоским спектром — модели конформного скатывания с промежуточной стадией. Показано, что некоторые следствия этой модели могут быть проверены наблюдениями. При этом, некоторые предсказания имеют особый характер, позволяющий отличить эту модель от моделей инфляционного типа. А именно, показано, что спектр возмущений, возникающих при конформном скатывании с промежуточной стадией, имеет зависимость от направления, причем в разложении этой зависимости по сферическим гармоникам представлены все четные мультиполи, в том числе и мультиполи высокого порядка. Кроме того, показано, что в этой модели возникает также небольшой отрицательный наклон спектра первичных возмущений, а также их негауссовость определенного вида.

Вызывает большое уважение то, что автор не ограничивается теоретической проработкой модели, но им также проведена большая работа по проверке ее предсказаний, используя данные по анизотропии реликтового излучения (РИ), полученные в эксперименте *WMAP*. Этому посвящена вторая часть диссертации. В результате этой работы получены существенные ограничения не только на параметр модели конформного скатывания, но и также на модель анизотропной инфляции.

В заключительной части диссертации показано, что пояс Койпера заметным образом влияет на анизотропию РИ на больших угловых масштабах и что учет этого влияния позволяет избавиться от существенных систематических ошибок в спектре анизотропии РИ, который получается по данным эксперимента *WMAP*. Этот результат является

исключительно важным поскольку позволяет значительно улучшить качество данных по анизотропии РИ на низких мультиполях.

Замечания и вопросы к диссертации:

1. Полученные ограничения на величину h^2 предполагают, что наклон начального спектра возмущений очень мало отличается от 1. С другой стороны, как известно, в стандартной модели Λ CDM в настоящее время получается значение $n_s = 0.9603 \pm 0.0073$, которое отличается от 1 значительно сильнее. Хотя из текста видно, что автор знает и думал об этом (см. стр. 59), этот вопрос следовало бы подробно обсудить явным образом на основе полученных ограничений.

Во Введении автор дает ссылки на то, что небольшой отрицательный наклон спектра, на самом деле, можно получить, оставаясь почти в рамках модели. К этому я бы хотел добавить, что недавно было опубликовано несколько работ, в которых указывалось на то, что если в космологическую модель добавить дополнительное количество видов стерильных массивных нейтрино, то значение $n_s = 1$ оказывается в согласии с современными космологическими данными, в которых должны быть учтены также данные по измерениям поляризации РИ в эксперименте *BICEP2* (например, Дворкин и др., 2014, arXiv:1403.8049; Жанг и др., 2014, arXiv:1404.3598).

2. Мне кажется, было бы полезно обсудить, по какой причине полученную негауссовость нельзя выразить в виде величины f_{NL} и дают ли что-то имеющиеся ограничения на эту величину. Ограничения именно на эту величину чаще всего обсуждаются в литературе когда речь идет о негауссовости возмущений и, с точки зрения экспериментатора, негауссовость ассоциируется именно с этим параметром.
3. По-видимому, статистическая анизотропия может проявляться не только в спектре мощности анизотропии РИ, но и как переменная в пространстве амплитуда линейных возмущений в близкой части Вселенной, на красных смещениях $z < 1$. В этом случае, например, значение параметра σ_8 , измеренное по наблюдениям в различных областях неба и на различных красных смещениях, может немного отличаться. Было бы интересно обсудить ожидаемую величину этой переменности. Из этого обсуждения было бы ясно, можно ли получить какие-то полезные ограничения на h^2 из данных об амплитуде линейных возмущений в близкой части Вселенной.

Хотелось бы отметить, что текст диссертации подготовлен несколько небрежно. По тексту видно, что он получен в результате перевода английского текста на русский язык. По-видимому, этот перевод был выполнен в условиях недостатка времени, поэтому текст не всегда оказывается хорошо отредактированным. Примеры стилистических ошибок:

... Верные в простейших моделях инфляции, эти предсказания удается избежать ... (стр. 10)

... длинноволновые моды ... безвредны ... (стр. 26)

... мы можем на равных основания обслужить ... модели ... (стр. 77)

Встречается также большое количество опечаток.

Некоторые термины на русском языке, мне кажется, должны звучать по-другому. Так, вместо «космический микроволновый фон» лучше говорить «реликтовое излучение». Слова «эстиматор» я нигде ранее в русскоязычной литературе не встречал. Очевидно, имеется ввиду то, что по-русски называется словом «оценка» — по-видимому, это слово и надо было использовать.

Мне кажется, подготовка качественного текста на русском языке является действительно важным делом. По-крайней мере, если текст диссертации недостаточно хорошо подготовлен, это может осложнить его дальнейшее использование при обучении молодых научных сотрудников.

Видно, что приведенные выше замечания, представляют собой, в основном, предложения по дополнительному обсуждению полученных результатов, а также предложения по редакторской правке текста. Ясно, что эти замечания ни в коей мере не снижают ценность работы в целом.

Представленные в диссертации основные результаты являются новыми. Они опубликованы в 5 работах, 3 из них уже опубликованы в высорейтинговых журналах, еще 2 представлены к публикации. Результаты апробированы в докладах автора на различных конференциях и семинарах.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Выносимые на защиту положения содержат новые важные результаты в области космологии и физики ранней Вселенной. Полученные в диссертации результаты представляют несомненный интерес для широкого круга специалистов и могут быть использованы различных научных учреждениях и организациях.

Диссертация полностью удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а диссертант Рамазанов Сабир Рамазанович несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

официальный оппонент
к.ф.-м.н., с.н.с ИКИ РАН

Буренин Р. А.

Подпись удостоверяю
Ученый секретарь ИКИ РАН, д.ф.-м.н.

Захаров А. В.

04 июня 2014 г.