

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ВСЕЛЕННОЙ СОГЛАСНО
ЧАСТНЫМ РЕШЕНИЯМ УРАВНЕНИЯ ФРИДМАНА**
MODELING DIFFERENT STAGES OF DEVELOPMENT OF THE UNIVERSE ACCORDING TO
PARTICULAR SOLUTIONS OF THE FRIEDMANN EQUATION

*Филиал «Протвино» государственного университета «Дубна»
Секция «Естественные и инженерные науки»*

Авторы: Коньков Владислав Владимирович, студент 4 курса направления «Информатика и вычислительная техника» филиала «Протвино» государственного университета «Дубна»; Кузнецов Алексей Евгеньевич, студент 4 курса направления «Информатика и вычислительная техника» филиала «Протвино» государственного университета «Дубна».

Научный руководитель: Зюзько Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры общеобразовательных дисциплин филиала «Протвино» государственного университета «Дубна».

Authors: Konkov Vladislav Vladimirovich, 4th year students of the direction "Informatics and computer engineering" of the branch "Protvino" state University "Dubna"; Kuznetsov Alexey Evgenievich, 4th year students of the direction "Informatics and computer engineering" of the branch "Protvino" state University "Dubna";

Scientific adviser: Zyuzko Tatyana Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General Educational Disciplines of the branch "Protvino" state University "Dubna".

Аннотация

С открытием реликтового излучения и космологического красного смещения в моделировании состояния Вселенной стала преобладать теория нестационарного расширения. Вселенная Фридмана была первой моделью расширяющейся Вселенной и являлась первым основным развитием Общей Теории Относительности после Эйнштейна. По сей день на ней основана современная космология.

В данной статье изучаются этапы и ключевые переходные моменты развития Вселенной, находятся частные решения уравнения Фридмана по степени значимости вкладов на разных этапах развития и графически представляются результаты исследования.

Abstract

With the discovery of relic radiation and cosmological redshift, the theory of nonstationary expansion began to prevail in the modeling of the state of the universe. Friedman's universe was the first model of an expanding universe and was the first major development of General Relativity after Einstein. To this day, modern cosmology is based on it.

This article examines the stages and key transitional moments of the development of the Universe, finds particular solutions of the Friedman equation in terms of the degree of significance of contributions at different stages of development, and graphically presents the results of the research.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение Фридмана, космология, моделирование расширения Вселенной, темная материя, темная энергия.

Keywords: Friedmann's differential equation, cosmology, modeling of the expansion of the Universe, dark matter, dark energy.

Авторы выражают благодарность и глубокую признательность Соловьёву Владимиру Олеговичу, доктору физико-математических наук, профессору кафедры общеобразовательных дисциплин филиала «Протвино» государственного университета «Дубна» за советы, ценные замечания, полезные ссылки и консультации.

Авторы работы отдадут дань уважения Александру Александровичу Фридману — русскому физику, автору исторически первой нестационарной модели Вселенной, поскольку в следующем году будет отмечаться столетие его работы (1922-2022 гг.).

В начале XX века А. Эйнштейном была предложена теория, которая была построена на статической модели Вселенной. Считалось, что пространство конечно, имеет форму трехмерной сферы, одинаково во всех направлениях и имеет постоянный радиус. Представление Эйнштейна не согласовалось с его же уравнениями, которые были получены в рамках Общей Теории Относительности (ОТО): устройство стационарной Вселенной не было устойчивым решением уравнений.[5,с.38] Для получения пространственно-однородного статического решения Эйнштейн добавил дополнительный член в уравнение — космологическую постоянную λ , что в реальности приводило бы к ослаблению всемирного тяготения на сверхбольших расстояниях.[5, с.39] В 1922 году Фридман решил подойти к вопросу строго с точки зрения математики - сохранил предположение Эйнштейна о том, что пространство однородно и изотропно, но также добавил постулат, что пространство изменяется со временем, имеет начало и конец, что означало бы необязательность присутствия космологической постоянной. Он получил дифференциальные уравнения, связывающие скорость изменения радиуса мира со средней плотностью вещества во Вселенной, которая зависит от радиуса мира.[3, с. 32] Интересно отметить, что Уравнение Фридмана, являясь с одной стороны описанием наиболее глобального явления мироздания, с другой - равносильно (математически) школьной задаче о сохранении суммы кинетической и потенциальной энергии для катания на санках по ледяной горке.[2,с.10] Уравнения Фридмана описывали три сценария развития Вселенной. В первом случае - монотонный мир первого рода, в котором радиус мира постоянно возрастает от нуля (подъем на гору). Во втором случае - монотонный мир второго рода, в котором радиус изначально конечен, но затем бесконечно увеличивается (спуск с вершины горы). В третьем случае моделируется периодический мир - радиус Вселенной сначала увеличивается, но в какой-то момент начинает убывать вплоть до нуля.

Наблюдения последних лет указывают на доминирующую в современной Вселенной, по сравнению с видимой материей, роль тёмной энергии, которая ведет себя подобно космологической постоянной. Кроме того, масса галактик и их скоплений включает в себя вклад загадочной невидимой, то есть прозрачной, материи, которую по традиции чаще называют тёмной материей.[4,с.241] Делаются попытки объяснить эти наблюдения и путём изменения ОТО, и модифицируя уравнения Фридмана. О преобладании различных вкладов в определенный момент времени, споры ведутся по сей день, что, несомненно, говорит об **актуальности** данной исследовательской работы.

Объектом данной работы является космология - раздел астрономии, изучающий свойства и эволюцию Вселенной в целом.

Предметом исследования является космологическое уравнение Фридмана.

Цель исследования – построить модели динамики развития Вселенной в определенные периоды времени.

Задачи:

1. Изучить этапы развития Вселенной.
2. Проанализировать вклад темной энергии и различных видов материи.
3. Получить частные случаи решения уравнения Фридмана для моделирования сценария развития Вселенной с вкладами различных видов материи.
4. Графически представить этапы развития Вселенной.

Сначала опишем представление современной науки об основных этапах эволюции Вселенной. Новейшая космология говорит нам о том, что Вселенная появилась из некой субстанции - сингулярности, иногда ошибочно называемой точкой. Под космологической сингулярностью понимается состояние Вселенной в момент Большого Взрыва, характеризующееся бесконечной плотностью и температурой вещества. Одной из ранних стадий является инфляционный этап, когда расширение пространства шло со скоростями, значительно превышающими скорость света. Данная стадия протекала в первые доли секунды рождения Вселенной. Огромная скорость инфляционного расширения была вызвана огромной плотностью энергии первичного вакуума. Затем из этого вакуума рождаются первичные

элементарные частицы, о природе которых мы можем пока только догадываться. Именно эта стадия сейчас называется Большим Взрывом. После нее начинается охлаждение. Из неизвестных нам первичных частиц рождаются известные. Протоны и нейтроны вступают в термоядерные реакции, что приводит к образованию ядер первых элементов системы Менделеева (дейтерий, гелий, литий) в первые минуты жизни Вселенной. Более тяжелые элементы не успевают образоваться из-за быстрого убывания плотности и температуры. Они появятся спустя сотни миллионов и миллиарды лет внутри звезд. В период около 50-100 тысяч лет плотность излучения сравнялась с плотностью вещества. Приблизительно через 350 000 лет образовались атомы водорода, и гелия, что через десятки миллионов лет послужило основой для первых звезд. Вселенная стала прозрачной для излучения, большая часть которого была тогда видимым светом. Излучение, которое дошло до нас, имеет длины волн намного больше, чем свет и температуру 2.7 Кельвина. Это, так называемое реликтовое излучение, которое доказывает факт расширения Вселенной с постепенным остыванием. Помимо реликтового излучения, доказательством расширения служит красное смещение, подчиняющееся Закону Хаббла. В соответствии с ним, галактика, которая в два раза дальше от нас, удаляется от нас в два раза быстрее. Красное смещение (растягивание волны света) далеких галактик больше, чем для близких. Кроме того, последние наблюдения ученых за взрывами сверхновых звезд показали, что Вселенная не просто расширяется, а расширяется с ускорением. Изначально считалось, что сила гравитации может иметь только один знак - притяжение. Однако, для ускоренного расширения необходима антигравитация, природа которой, предположительно объясняется темной энергией – отталкивающей силой, заставляющей Вселенную расширяться, а не объединяться в организованные структуры подобно темной материи.

Открытие реликтового излучения подтверждало картину Большого Взрыва, что исключает монотонный мир второго рода. Открытие ускоренного расширения исключило и вариант периодического мира. Современному представлению о развитии Вселенной соответствует сценарий монотонного мира первого рода: Вселенная, начав расширяться с бесконечной скоростью, будет сначала постепенно уменьшать скорость расширения, но затем снова начнет расширяться с ускорением. Приняв за основу монотонный мир первого рода, ученые разработали современную космологическую модель, называемую λ CDM (Lambda-Cold Dark Matter), в которой плотность энергии обеспечивается нерелятивистским веществом (барионы и темная материя), ультрарелятивистским веществом (фотоны), темной энергией (описываемой космологической постоянной λ в уравнениях Эйнштейна) и холодной темной материей. [1,с.77]. Под холодной темной материей понимается материя, в которой частицы движутся медленно относительно скорости света и слабо взаимодействуют с обычным веществом и электромагнитным излучением. Уравнение Фридмана в модели λ CDM выглядит следующим образом:

$$\left(\frac{R'}{R}\right)^2 = H_0^2 * \left[\Omega_1 \left(\frac{R_0}{R}\right)^3 + \Omega_2 \left(\frac{R_0}{R}\right)^4 + \Omega_3 \left(\frac{R_0}{R}\right)^2 + \Omega_4 \right] \quad (1)$$

Где:

- R' - производная по времени от масштабного коэффициента;
- R - масштабный фактор в метрике пространства;
- R_0 – масштабный множитель настоящего времени ($R_0 = 1$);
- H_0 – постоянная Хаббла ($H = 74,2$ км/с* 1/Мпк);
- Ω_1 – относительный вклад не оказывающей давления материи, включающей как «темную», так и обычную материю (протоны, нейтроны, электроны), $\Omega_1 = 0.306$;
- Ω_2 – относительный вклад «ультрарелятивистской» материи (радиация или излучение). Определяется вкладом реликтовых фотонов и равняется $\Omega_2 \approx 5.38 * 10^{-5}$
- Ω_3 – относительный вклад кривизны $\Omega_3 = 0 \pm 0.016$
- Ω_4 – относительный вклад «темной энергии», $\Omega_4 = 0.692$

Вклады различных видов материи, а также пространственной кривизны, относятся только к современному состоянию Вселенной, но их суммарный вклад постоянен и не меняется со временем с момента Большого Взрыва [1, с.78], согласно закону сохранения энергии:

$$\sum_i \Omega_i = \Omega_1 + \Omega_2 + \Omega_3 + \Omega_4 = 1 \quad (2)$$

Программным образом было выполнено моделирование этапов эволюции Вселенной. Для численного решения уравнения Фридмана был применен Метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Для программной реализации метода, уравнение (1) было приведено к виду, разрешенному относительно производной:

$$R' = H_0 * \sqrt{\frac{\Omega_1}{R} + \frac{\Omega_2}{R^2} + \Omega_3 + \Omega_4 * R^2} \quad (3)$$

Для моделирования различных сценариев развития Вселенной, выявления ключевых переходных моментов времени и разделения качественно различных этапов эволюции Вселенной, уравнение (3) модифицировалось в соответствии с поставленной задачей. Подчеркнем, что значение отдельных вкладов (слагаемых) в уравнении (1) изменяется со временем.

Первым этапом моделирования является качественный переход от эпохи доминирования излучения (Ω_2) к эпохе доминирования вещества (Ω_1) с радиусом Вселенной в масштабе от 0 до 200 000 лет. Поскольку необходимо промоделировать ранний период развития Вселенной – радиационно-доминирующую стадию, когда (Ω_4) был слишком незначителен, то в качестве параметров, были использованы Ω_1 и Ω_2 , что представлено формулами:

$$R' = H_0 * \sqrt{\frac{\Omega_1}{R}} \quad (4)$$

$$R' = H_0 * \sqrt{\frac{\Omega_2}{R^2}} \quad (5)$$

Для построения каждой из кривых было получено частное решение по Ω_1 и Ω_2 . Вклад Ω_1 отобран кривой синего цвета, а Ω_2 - зеленого. Полученный результат на Рис. 1:

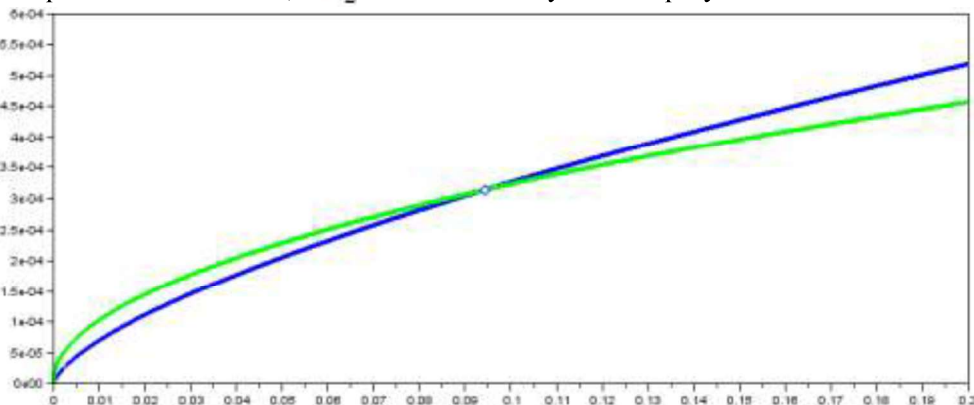


Рис. 1. Переход от эпохи доминирования излучения к эпохе доминирования вещества

По оси ОХ откладывается время в млн лет. По оси ОУ откладывается радиус Вселенной в относительных единицах (где 0 – Большой Взрыв, 1 — настоящее время). На Рис.1 отобран момент перехода (точка пересечения кривых) – равенство плотностей энергии нерелятивистской и релятивистской материи на моменте времени около 90 000 лет ($t = 94300$ лет). Важно отметить, что кривые существенно отличаются - кривая излучения (Ω_2) круче идет к нулю, что характеризует преобладание ультрарелятивистских частиц в первые минуты после Большого Взрыва.

Для второго этапа был выбран переход от замедленного расширения к ускоренному. Согласно наблюдениям, вклад Ω_2 был существенен на начальных этапах формирования Вселенной (радиационно-доминирующей стадии) и существенно мал при большом значении R, а вклад Ω_3 либо равен нулю, либо весьма мал из-за анизотропии реликтового излучения. Исходя из этого, в уравнении (3) значения Ω_2 и Ω_3 были приняты равными нулю. Уравнение стало выглядеть следующим образом:

$$R' = H_0 * \sqrt{\frac{\Omega_1}{R} + \Omega_4 * R^2} \quad (6)$$

На Рис. 2 изображен полученный график радиуса Вселенной от Большого взрыва до 20 млрд лет. Кривая радиуса - синий цвет. Для наглядности была проведена касательная красного цвета и черная вертикальная линия – наше время (13.7 млрд лет).

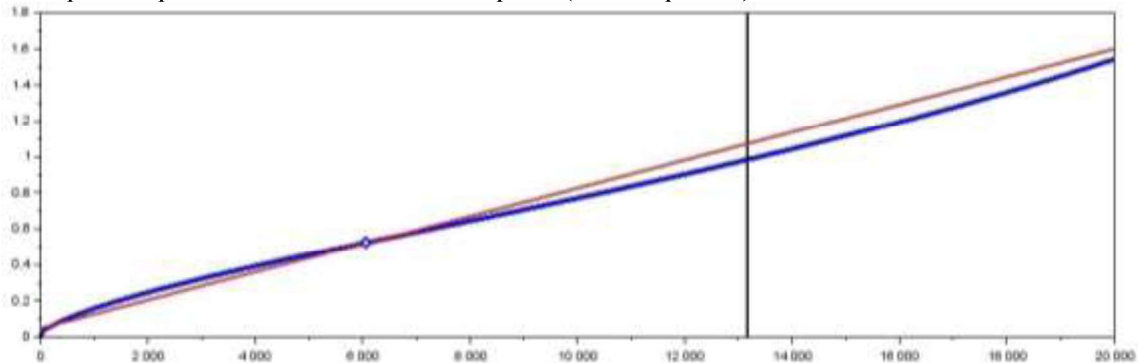


Рис. 2. - График радиуса Вселенной от Большого взрыва до 20 млрд лет.

В момент времени примерно 6 млрд лет отображена точка перегиба – момент перехода от интенсивного, но замедляющегося расширения к расширению с ускорением. Отрицательное ускорение соответствует отрицательной второй производной и выпуклому графику, а положительное ускорение – положительной второй производной и вогнутому графику.

Известно, что точное решение уравнения (1) может быть получено только для частного случая, когда вклады Ω_2 и Ω_3 равны нулю. [1, с. 86]. Исходя из этого, соответствующими вкладками можно пренебречь. Тогда точное решение уравнения Фридмана примет вид:

$$R' = \left(\frac{\Omega_1}{\Omega_4}\right)^{\frac{1}{3}} * sh\left(\left(\frac{3}{2}\right) * \sqrt{\Omega_4} * H_0 * t\right)^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

Рассматривая точное решение уравнения Фридмана (7) при постоянно растущем R, было замечено, что вклад темной энергии Ω_4 , как неизвестного нерелятивистского вещества, начинает очень быстро возрастать относительно любой формы материи, что характеризуется практически экспоненциальным ростом масштабного фактора Вселенной в будущем - Рис 3.

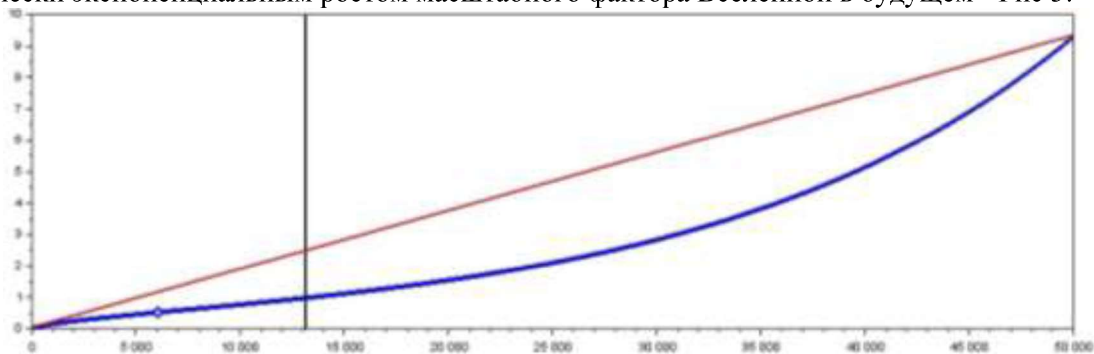


Рис. 3. График эволюции Вселенной до 50 млрд лет

Итогом данной исследовательской работы стало графическое моделирование состояния Вселенной в прошлом, настоящем и будущем. Была проверена возможность использования вычислительного метода Рунге-Кутты для нахождения частных решений уравнения Фридмана с

высокой эффективностью, поскольку полученные нами графики соответствуют современным представлениям о возможной эволюции Вселенной.

Библиографический список

1. Горбунов Д. С., Рубаков В.А. Вселенная в прошлом. // Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. — Москва: ЛКИ, 2008 — 552 с.
2. Дворянинов С, Соловьев В. “Космология Фридмана: горы реальные и потенциальные”, научно-популярный физико-математический журнал “Квант”, №1, №2, 2017.
3. Соловьев В. О. Как Фридман Эйнштейна подковал // Научград : журнал. — 2015. — № 4 (6). — С. 34. — ISSN 2313-7533.
4. Соловьев В. О., “Эволюция уравнений динамики Вселенной: от Фридмана до наших дней”, ТМФ, 191:2 (2017), 234–242; Theoret. and Math. Phys., 191:2 (2017), 674–681
5. Соловьев В.О. Уравнение Фридмана: вчера, сегодня, завтра // Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». 2016. № 1.С. 38–41.

УДК 37.015.3

Коняхин С.С.

ЭТНОПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕВЕРБАЛЬНОГО ОБЩЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ СТРАН ETHNOPSYCHOLOGICAL FOUNDATIONS OF NON-VERBAL COMMUNICATION OF REPRESENTATIVES OF DIFFERENT COUNTRIES

*Филиал «Протвино» государственного университета «Дубна»
Секция «Социальные и гуманитарные науки»*

Авторы: Коняхин Сергей Сергеевич, студент 1 курса направления «Информатика и вычислительная техника» филиала «Протвино» государственного университета «Дубна»

Научный руководитель: Ерицын Сусанна Михайловна, старший преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин филиала «Протвино» государственного университета «Дубна».

Author: Konyakhin Sergey Sergeevich, 1st year student of the direction "Informatics and computer engineering" of the branch "Protvino" state University "Dubna"

Scientific adviser: Yeritsyan Susanna Mikhailovna senior lecturer of general educational subjects department of the branch "Protvino" state University "Dubna"

Аннотация

Статья выявляет этнопсихологические аспекты и особенности невербальной коммуникации в разных странах

Abstract

The work reveals ethnopsychological aspects and features of non-verbal communication in different countries

Ключевые слова: невербальное общение, коммуникация, язык.

Keywords: nonverbal communication, communication, language.

*Тот, кто лжет на языке слов, выдает себя на языке жестов,
на которые он порой не обращает внимания.*

Освальд Шпенглер (философ)

Как известно, владеть иностранным языком — это еще не значит усвоить грамматику и основную лексику данного языка, но и обладать развитыми умениями практического общения и владения межкультурной компетенцией. Известный ученый-лингвист А. Садохин, утверждает, что «Межкультурная компетенция — комплекс познаний и умений, позволяющих индивидууму в ходе межкультурной коммуникации адекватно расценивать коммуникативную