

Министерство просвещения Российской Федерации  
Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
муниципального образования город Краснодар  
лицей № 64 имени Вадима Миронова

VII Международный конкурс  
исследовательских работ школьников  
«Research Start»  
2024/2025

Исследовательская работа

**«Оценка возраста Вселенной  
на основе постоянной Хаббла»**

Выполнила: Позднякова Валерия Сергеевна,

ученица 9 класса МАОУ лицея № 64 г. Краснодара

Руководитель: Спицына Любовь Ивановна,

учитель физики МАОУ лицея № 64 г. Краснодара,

педагог дополнительного образования МУ ДО «Малая академия»

2024 - 2025 учебный год

## Содержание

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	5
1.1. Как учёные оценивали возраст Вселенной до...?.....	5
1.2. Научный прорыв.....	5
1.3. Как была найдена константа Хаббла.....	5
1.4. Непостоянная постоянная.....	7
1.4.1. Астрономические измерения.....	8
1.4.2. Гравитационные волны.....	11
1.4.3. Космическое микроволновое фоновое излучение (КМФИ).....	12
1.4.4. Как учёные пытаются решить этот сложный вопрос?.....	12
1.5. Возраст Вселенной.....	13
2. Практическая часть.....	14
2.1. Основные параметры оценочного расчета возраста Вселенной...14	
2.2. Анализ результатов работы с оригинальными статьями.....	15
Выводы. Заключение.....	18
Список литературы.....	20
Приложение .....	22

*Мы должны попытаться понять начало Вселенной с научных основ.  
Это может оказаться задачей, превышающей наши возможности,  
но мы должны хотя бы попытаться.*

*(Стивен Хокинг)*

## **Введение**

Отношу себя к современным школьникам, которые интересуются не только наукой, а область их познавательных интересов лежит на стыке наук и лингвистики. Мне интересны не только физика с астрономией, но и английский язык, который я основательно изучаю восьмой год. Такое сочетание интересов и практических навыков при работе с текстами на английском языке позволило мне обратиться к иностранным сетевым ресурсам, содержащим статьи по астрофизической тематике.

Как давно появилась Вселенная? На этот актуальный и сегодня вопрос на протяжении тысяч лет пытались найти ответ многие философы и ученые. Они, как и мы, живущие в XXI веке, смотрели в ночное небо и звёзды, размышляя о том, как же давно возникла огромная и необъятная Вселенная? В разные времена возникали различные модели её строения, рождались теории и гипотезы, которые шаг за шагом приближали человечество к разгадке этой тайны. Сегодня, благодаря высокотехнологическим аппаратам, теориям и трудам предшественников, у нас есть возможность рассчитать приблизительный возраст Вселенной, в том числе используя константу Хаббла.

На начальном этапе работы столкнулась с недостатком необходимой информации в русскоязычном сегменте сети интернет, что поставило меня в трудное положение, создав проблему с дальнейшим получением данных для выполнения оценочного расчета константы Хаббла и возраста Вселенной. Данное исследование – моя первая работа, выполненная с опорой на тексты англоязычных статей. В качестве основного источника теоретического исследования использовала свои переводы зарубежных статей, из которых взяла основные данные по теме.[1]

Цель работы: оценить возраст Вселенной с использованием константы Хаббла ( $H_0$ ) и связанных с ней данных, полученных на основе публикации материалов в зарубежных источниках информации.

Объектом исследования стали методы расчета константы Хаббла, предметом - выбор наиболее оптимального способа оценки числового значения константы на основе сравнения результатов, полученных тремя различными способами, и оценка возраста Вселенной этим способом.

Задачи, над решением которых работала после изучения текстов статей в авторском переводе:

- осознание физической сущности константы Хаббла, ее связи со скоростью расширения Вселенной;
- интерпретация формулы, взятой из англоязычной статьи, для оценки возраста Вселенной на основе данных о константе Хаббла;
- интерпретация результатов, анализ их согласованности с результатами других исследований и моделей возникновения и развития Вселенной;
- обоснование полученной оценки возраста Вселенной на основе существующих данных и теорий космологии.

При выполнении работы мной были использованы так теоретические методы: изучение текстов англоязычных статей, анализ и обобщение полученных авторами результатов, так и самостоятельно выполненные по алгоритму эмпирические расчеты.

Гипотеза: Если использовать константу Хаббла как отправную точку, то даже школьнику можно оценить возраст Вселенной, не владея глубоким математическим аппаратом расчетов.

## 1. Теоретическая часть

### 1.1. Как учёные оценивали возраст Вселенной до...?

... до появления константы Хаббла (1929 год) ученые использовали несколько методов для определения возраста Вселенной. Они включали в себя измерение расстояний до далеких галактик, изучение свойств и эволюции звезд, анализ космического микроволнового фонового излучения (КМФИ)

Однако, до разработки некоторых из названных методов, ученым было гораздо сложнее определить возраст Вселенной. Ученые в прошлом полагались на модели эволюции звезд и их характеристики, чтобы оценить возраст Вселенной, но точность таких величин, как возраст, масса и состав звезды, не были достаточно высокими для точного определения возраста Вселенной. Кроме того, ранее отсутствовали точные данные о расстояниях до далеких галактик. Без этих данных, ученым было сложно определить возраст самой Вселенной.

### 1.2. Научный прорыв

Настоящий прорыв в изучении возраста Вселенной внес всемирно известный ученый Эдвин Хаббл (1889–1953). Именно он представил одно из фундаментальных значений в астрономии – Закон Хаббла. Помимо закона Хаббла были так же рассмотрены такие модели зарождения Вселенной как Большой Взрыв. Закон Хаббла гласит, что Вселенная постоянно расширяется одинаково во всех направлениях. Закон не только описывает само расширение Вселенной, но и доказывает, что Вселенная началась с Большого Взрыва. [2]



Эдвин Хаббл

### 1.3. Как была найдена константа Хаббла

Переломным моментом в изучении константы Хаббла стала публикация Эдвином Хабблом в 1929 году работы «A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae» - «Отношение дистанции к лучевой скорости у внегалактических туманностей». В этой работе Э. Хаббл пересмотрел вопрос парадокса того времени: определения движения Солнца

относительно внегалактических туманностей включали коэффициент  $K$  - величину в несколько сотен километров, которая является переменной. Сам Хаббл в работе дал объяснение такого парадокса с помощью корреляции видимых лучевых скоростей и расстояний «не убедительными».

*В статье-оригинале «A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae»: «Determinations of the motion of the sun with respect to the extra-galactic nebulae have involved a  $K$  term of several hundred kilometers which appears to be variable. Explanations of this paradox have been sought in a correlation between apparent radial velocities and distances, but so far, the results have not been convincing. The present paper is a re-examination of the question, based on only those nebular distances, which are believed to be reliable. »*

В моем переводе статьи «Отношение дистанции к лучевой скорости у внегалактических туманностей»: «Определения движения Солнца относительно внегалактических туманностей включали величину  $K$  в несколько сотен километров, которая, по-видимому, является переменной. Объяснения этого парадокса искали в корреляции между видимыми лучевыми скоростями и расстояниями, но пока результаты не были убедительными. Представленная статья представляет собой повторный анализ этого вопроса, основанный только на тех расстояниях до туманностей, которые считаются достаточно достоверными.»[3]

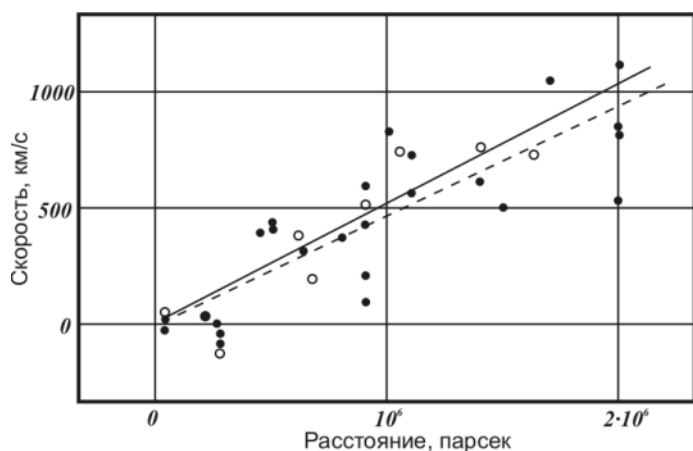


Фото 1. График из оригинальной работы Хаббла

В своей статье астроном использовал известные в то время значения лучевых скоростей движения двадцати четырех туманностей и расстояний до них. Автор оригинальной статьи разместил в виде точек - туманности на графике зависимости скорости от

расстояния (фото 1) и нашёл значение коэффициента  $K$ , с которым эти туманности удаляются друг от друга.

Этот коэффициент и стал константой Хаббла, открыв для ученых совершенно новые горизонты для изучения Вселенной.

На тот момент времени значение константы составило 500 км/с/мпк, что означало: галактика, находящаяся от нас на расстоянии  $n$  мпк, удаляется со скоростью  $n$  км/с. Полученные таким расчетом значения оказались весьма далекими от величины, используемой сегодня, которая составляет 69-73 км/с/мпк.

#### **1.4. Непостоянная постоянная**

Значение константы Хаббла менялось, и вот почему. Первоначально в 1920 году Эдвин Хаббл смог оценить константу Хаббла в 500 км/с/мпк, что стало очень примерной величиной по сравнению с сегодняшними результатами. Однако, это значение константы уже было достаточно точным для технологий и теорий того времени.

За время от первого появления константы до расчета её нынешнего значения в астрономии происходили различные изменения: развитие технологий и появление всё более и более совершенных теорий на основе данных, получаемых с помощью инновационных исследовательских аппаратов.

Из-за использования различных теорий и многообразия методов оценки константы Хаббла, исследователями космоса в разных странах были получены разные её значения: от 68,7 км/с/мпк до 74 км/с/мпк. Такие результаты вновь подтверждали, что константа Хаббла является очень спорным вопросом в астрофизике. При этом ученые разных взглядов сумели выделить три основных метода, с помощью которых вычисление «непостоянной постоянной» Хаббла дает числовые значения, подтверждаемые результатами вычислений других исследователей. Кратко изложу мое понимание этих методов.[4]

### 1.4.1. Астрономические измерения.

Для оценки значения константы Хаббла по результатам астрономических измерений, необходимо знать (рассчитать) две величины: расстояние до астрономического объекта и скорость удаления этого объекта от наблюдателя.

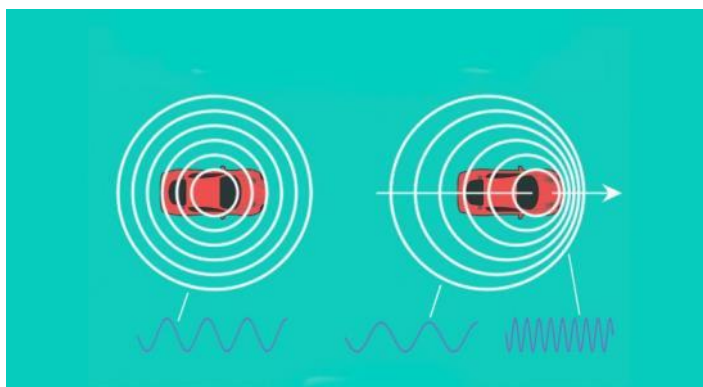


Фото 2. Наглядное представление эффекта Доплера.

Хочу отметить, что для расчета скорости удаления объекта от наблюдателя ученые использовали эффект Доплера, сущность которого, наглядно представленная на фото 2, заключается в том, что происходит искажения волн по частоте в зависимости от положения их источника к наблюдателю.

Так как свет тоже может быть представлен волнами, к нему применим эффект Доплера. Так как свет звёзд и галактик, которые движутся, удаляясь от Земли, будет искажаться, увеличивая длину волны, наблюдается красное смещение

Чтобы рассчитать красное смещение галактики, необходимо учитывать линии поглощения. Они всегда происходят на одних и тех же длинах волн, потому что создаются элементами в атмосферах звезд. Когда красное смещение изменяет длину волны всего света и линий поглощения, исходящих от далекой звезды, астрономы могут оценить, насколько сильно оно сместилось, чтобы рассчитать, с какой скоростью звезда удаляется от нас.

Для расчета расстояния до объекта необходимо знать «внутреннюю светимость» объекта и сравнить её со светимостью объекта, наблюдаемым с Земли. Кстати, таким способом астрономы могут рассчитать расстояние до любого объекта, светимость которого нам известна. Астрофизиками, кто воспользовался этим способом, стала команда ученых из Корнеллского университета во главе с Венди Л. Фридман. Ученые для расчета расстояния по



светимости объекта использовала звезды цефеиды — звезды, обладающие переменной светимостью (фото 3).

На данный момент ученым точно не известно, чем вызвана такая переменная светимость, однако некоторые теории указывают на то, что в верхних слоях звезд нарушен процесс газового давления и тяготения, из-за чего звезда периодически



Фото 3. Полярная звезда – самая известная цефеида

сжимается. Наблюдатель воспринимает такие периодические сжатия как пульсацию. В разные периоды светимость цефеид отличается. За такую уникальную способность и возможность оценить светимость цефеиды еще известны как “маяки” Вселенной. Фридман с командой ученых благодаря “маякам” смогли оценить константу Хаббла в 72-73 км/с/мпк.

Но на этом работа Фридмана и ее команды с константой Хаббла ещё не была закончена - после нахождения константы при помощи цефеид, ученый решила провести еще один расчет, чтоб оценить независимое значение константы. Фридман первой использовала для оценки красного гиганта (фото 4). Красные гиганты — это массивные звезды, находящиеся в конце своего жизненного



Фото 4. Красный гигант Альдебаран

цикла. В конце их жизни наблюдается повышение температуры в ядре звезды и снижение светимости.

*В статье-оригинале «The Hubble Constant, explained»: «The principle is simple. Imagine that you are standing near a street light that you know is 10 feet away. At regular intervals down the street you can see more street lights, which get progressively dimmer the further away that they are. Knowing how far away and*

*how bright the lamp is beside you, and then measuring how much fainter the more distant lamps appear to be, allows you to estimate the distances to each of the other lamps all down the road.»*

В моем переводе статьи «Объяснение константы Хаббла»: «Принцип довольно прост. Представьте, что вы стоите рядом с уличным фонарем и знаете, что он в десяти футах от вас. С такими же интервалами дальше по улице вы можете увидеть такие же фонари, которые с удалением от нас становятся всё тусклее и тусклее. Зная, как далеко и насколько яркий фонарь находится рядом с вами, а потом, рассчитав, насколько тусклее через некоторое расстояние становятся другие фонари, вы сможете оценить расстояние до каждого другого фонаря на улице.»[4]

Астрономы, благодаря изучению красных гигантов могут понять, какую максимальную светимость имеет красный гигант. Фридман и команда и воспользовались максимальной светимостью красных гигантов - такой расчет дал оценку константе Хаббла в 70 км/с/мпк.

В статье-оригинале «An Independent Determination of the Hubble Constant Based on the Tip of the Red Giant Branch»: «We present a new and independent determination of the local value of the Hubble constant based on a calibration of the Tip of the Red Giant Branch (TRGB) applied to Type Ia supernovae (SNIa). We find a value of  $H_0 = 69.8 \pm 0.8$  ( $\pm 1.1\%$  stat)  $\pm 1.7$  ( $\pm 2.4\%$  sys) km/sec/Mpc. The TRGB method is both precise and accurate, and is parallel to, but independent of the Cepheid distance scale. Our value sits midway in the range defined by the current Hubble tension. It agrees at the 1.2-sigma level with that of the Planck 2018 estimate, and at the 1.7-sigma level with the SHoES measurement of  $H_0$  based on the Cepheid distance scale.»

В моем переводе статьи «Независимое определение константы Хаббла основанное на верхушке ветви Красных гигантов»: «Мы представляем новое и независимое определение локального значения постоянной Хаббла, основанное на калибровке вершины ветви Красного гиганта (TRGB), примененной к

сверхновым звёздам типа Ia (SNeIa). Мы нашли значение  $H_0 = 69.8 \pm 0.8$  ( $\pm 1.1\%$  stat)  $\pm 1.7$  ( $\pm 2.4\%$  sys) км/сек/Мпк.

Метод TRGB является одновременно точным и безошибочным, так же он параллелен шкале расстояний до цефеид, но не зависит от нее. Наше значение находится где-то посередине диапазона, определяемого текущим напряжением Хаббла. На уровне 1,2 сигмы это согласуется с оценкой Planck 2018, а на уровне 1,7 сигмы - с измерением  $H_0$ , основанным на шкале расстояний до Цефеид.» [5]

#### 1.4.2. Гравитационные волны

Для того, чтобы выполнить оценку константы Хаббла при помощи гравитационных волн, необходимо найти такое событие, после которого выделяется огромная энергия и свет.

Таким событием в 2017 году стало столкновение двух нейтронных звезд, компьютерная версия которого представлена на фото 5 [6].

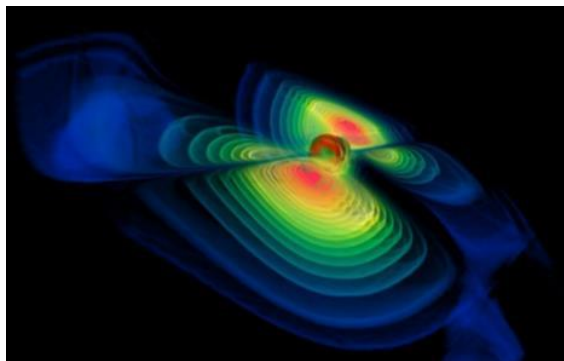


Фото 5. Компьютерная симуляция столкновения двух нейтронных

Американским учёным из Лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (ЛИГВО) удалось зафиксировать это событие. Точнее, они зафиксировали гравитационные волны, которые дошли до Земли спустя миллионы лет после данного события. Внешний вид установки на фото 6.



Фото 6. Установка ЛИГВО из Хенсфорда

Для того чтобы найти расстояние, необходимо для расчета константы в этом методе использовать разность длины гравитационных волн, которые дошли до Земли, и длины гравитационных волн, которые выделились при столкновении.

Таким образом, оценив изменение длины волны, мы сможем узнать расстояние, которая она прошла.

Для того, чтоб найти скорость движения этих звезд можно использовать эффект Доплера, упомянутый ранее. Таким образом, Даниэль Холз и команда ученых, работающих в ЛИГВО, выполнили новые расчеты оценки константы. Путь гравитационных волн привел ученых к оценке в 70 км/с/мпк, что согласуется с работой Венди Фридмана.

### 1.4.3. Космическое микроволновое фоновое излучение (КМФИ)

Для оценки константы Хаббла при помощи КМФИ ученые создавали множество моделей КМФИ, использование которых подходило под наблюдаемые ими процессы во Вселенной.

КМФИ является, по сути, остатками тепла, которое выделялось при Большом Взрыве. Сгенерировав множество моделей, учеными была найдена та, которая больше всего сходилась с картой, представленной на фото 7.

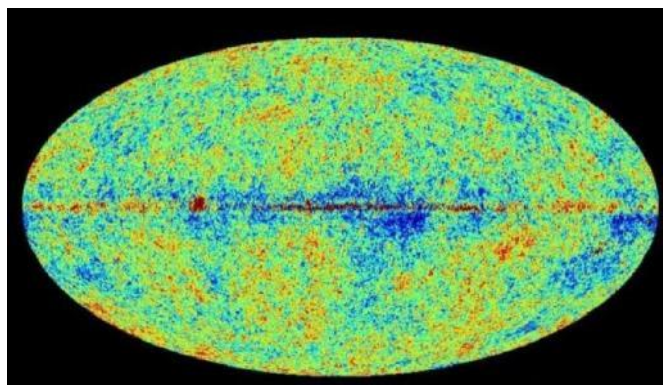


Фото 7. Карта реликтового (микроволнового) фонового излучения.

Кстати, при помощи КМФИ мы так же узнали состав нашей Вселенной - она на 75% состоит из темной энергии, на 25% из темной материи и на 5% из обычных веществ. Оценка константы Хаббла из КМФИ составила около 67,8 км/с/мпк. [7]

### 1.4.4. Как учёные пытаются решить этот сложный вопрос?

Для решения этого вопроса учёные продолжают совершенствовать теории и аппараты - к примеру, группа учёных из США разрабатывают новый эксперимент CMB-S4

*На сайте в статье-оригинале «CMB-S4»: «CMB-S4 is the next-generation ground-based cosmic microwave background experiment.*

*With 12 telescopes at the South Pole and in the Chilean Atacama desert surveying the sky with 500,000 cryogenically-cooled superconducting detectors for 7-10 years, CMB-S4 will deliver transformative discoveries in fundamental physics, cosmology, astrophysics, and astronomy.*

*CMB-S4 is supported by the Department of Energy Office of Science and the National Science Foundation.»*

В моем переводе статьи: «CMB-S4 - это наземный эксперимент по исследованию космического микроволнового фона нового поколения.

*Располагая 12 телескопами на Южном полюсе и в чилийской пустыне Атакама, они в течение 7-10 лет будут изучать небо с помощью 500 000 сверхпроводящих детекторов с криогенным охлаждением. Аппарат CMB-S4 обеспечит революционные открытия в фундаментальной физике, космологии, астрофизике и астрономии.*

*CMB-S4 поддерживается Научным управлением Министерства энергетики и Национальным научным фондом» [8]*

## **1.5. Возраст Вселенной**

Возраст Вселенной - это ключевой параметр в космологии, который содержит информацию о том, когда и как произошло начало и развитие Вселенной, который имеет фундаментальное значение для нашего понимания космической эволюции. Мое увлечение астрономией вызвало интерес к возможности оценки возраста Вселенной без экспериментальных данных.

Оценка возраста Вселенной даёт мне возможность исследовать и анализировать информацию, которой я смогу воспользоваться в своих будущих изучениях данной по этой теме.

## 2. Практическая часть

### 2.1. Основные параметры оценочного расчета возраста Вселенной

Опираясь на текст статьи «The Age of the Universe» в моем переводе, представленный в Приложении 1, выполнила оценочный расчет возраста Вселенной по следующему алгоритму:

1. Для нахождения возраста Вселенной ( $t$ ), мне необходимо знать скорость ( $v$ ) и расстояние ( $S$ ). Нам известна скорость удаления галактик друг от друга –  $H_0 S$ , в которой  $H_0$  – константа Хаббла, а  $S$  – расстояние, так как чем дальше галактика, тем выше её скорость. Получаю:  $t = \frac{S}{H_0 S}$

1. Расстояние в формуле сокращается, что оставляет меня с формулой  $t = \frac{1}{H_0}$ , которую можно использовать как основу для оценки возраста Вселенной.

2. Для того, чтобы посчитать возраст Вселенной, мне нужно будет произвести некоторые переводы с Константой Хаббла.

Для начала, я переведу Константу в единицы СИ. Для этого я возьму её приблизительное установленное на данный момент значение –  $70 \text{ км/с/мпк}$ . Так как секунды уже являются единицами СИ, мне нужно перевести километры и мегапарсеки в метры и парсеки.

$$\text{Получаю: } H_0 = \frac{70 \text{ км}}{\text{мпк}} = \frac{70 \times 10^3}{10^6 \times 3,1 \times 10^{16}} = 2,26 \times 10^{-18} \text{ с}^{-1}$$

3. Полученное значение Константы Хаббла можно использовать для оценки возраста Вселенной, подставив всё необходимое в ранее составленную формулу. Получаю:

$$t = \frac{1}{2,26 \times 10^{-18} \text{ с}^{-1}} = \frac{1 \times 10^0}{2,26 \times 10^{-18} \text{ с}^{-1}} = 4,43 \times 10^{17} \text{ с}$$

4. Итак, используя несложные расчеты, мне удалось оценить возраст Вселенной в секундах. Теперь, его необходимо перевести в года:

$$t = \frac{4,43 \times 10^{17} \text{ с}}{365 \times 24 \times 60 \times 60} = 1,4 \times 10^{10} \approx 14 \text{ миллиардов лет.}$$

5. Таким образом, результатом моих вычислений стало число в 14 миллиардов лет. На данный момент наиболее точная оценка возраста Вселенной составляет около 13,8 миллиардов лет. [9]

Основным параметром, который нужно учитывать в моих вычислениях – константа Хаббла была взята как постоянная, а значит и Вселенная расширяется одинаково во всех направлениях, однако, как учитывают некоторые современные модели с учётом большего количества факторов, Вселенная могла расширяться неравномерно.

## **2.2. Анализ результатов исследования текстов оригинальных статей**

Результаты, полученные мной на основе использования константы Хаббла, исходя из астрономических измерений, расходятся с общепринятой цифрой в 13,8 миллиардов лет на  $\pm 0,2$  миллиарда лет.

Я предполагаю, что это связано с не учётом того факта, что Вселенная расширялась неравномерно во всех направлениях, как это доказывают некоторые из современных моделей и теорий. Для сравнения полученных мной результатов решила воспользоваться двумя другими моделями: представлениями учёных о возрасте Вселенной до XIX века, и значением возраста Вселенной, представленный в недавних теориях, которые указывают на цифру в 26 миллиардов лет.

### **1. Возраст Вселенной до 19-го века [10].**

До XIX века ученые имели довольно расплывчатое представление о возрасте Вселенной. В то время всё ещё большую, хоть и не самую значительную роль играла религия, которая порой не давала возможности делать независимые оценки и наблюдения. Исаак Ньютон высказал свои первые догадки касательно этого - он не верил, что вечный мир, управляемый гравитацией невозможен, иначе бы всё было стянуто в одну точку. Ещё одной не состыковкой было то, что если бы Вселенная была бесконечна, то при взгляде на небо мы бы всегда упирались в звезду, куда бы ни посмотрели.

Всё это так и осталось рассуждениями Ньютона, однако идея уже зародилась, это были её “корни”. Также, некоторые учёные тех времён предполагали, что Вселенной столько же, сколько и Земле. Тогда, геологи определяли возраст Земли от четырех до семи тысяч лет.

## 2. Возраст Вселенной в работе 2023 года. [11]

Недавно появилось совершенно новое число для возраста Вселенной в 27 миллиардов лет - дважды больше, чем представляет нам привычная модель лямбда-СМВ в 13,8 миллиардов лет. Такую цифру в июне 2023 года выдвинул профессор Раджендра Гупта из университета Оттава. Число в 13 миллиардов лет уже показывало некоторые не состыковки - некоторые объекты, найденные новыми высокотехнологичными аппаратами, обладали возрастом, который никак не сходился с возрастом Вселенной - они были старше. Основную роль сыграла теория Фрица Цвикки - согласно этой теории, красное смещение, которое мы видим, может быть вызвано не удалением галактик от нас. Вместо этого это может быть связано с тем, что свет теряет энергию при перемещении по Вселенной. Но Гупта на этом не остановился и пошёл дальше, он также представил новую идею, основанную на гипотезе физика Поля Дирака о “константах связи”. Константы связи - это фундаментальные физические правила, которые управляют взаимодействием частиц. Согласно Дираку, эти константы могли изменяться с течением времени. Если эти константы эволюционировали, то время формирования ранних галактик увеличится с нескольких сотен миллионов до нескольких миллиардов лет. Это могло бы объяснить, почему галактики, которые мы видим, настолько развиты для своего возраста. И в конце, Гупта бросает вызов традиционной интерпретации “космологической константы” - темная энергия, заставляющая Вселенную расширяться быстрее. Вместо этого он предлагает новую константу, которая учитывает эволюционирующие константы связи. Такие фундаментальные изменения помогли бы нам понять, почему некоторые галактики такие развитые, и позволяет взглянуть на возраст нашей Вселенной под совершенно новым углом, делая значение в 13 миллиардов лет сомнительным.



### 3. Возраст Вселенной и русские учёные-астрофизики.

Фундаментальный вклад в развитие космологии внёс выдающийся российский математик и физик Александр Александрович Фридман (16 июня 1888, Санкт-Петербург — 16 сентября 1925, Ленинград). Он стал одним из основоположников современной теории расширяющейся Вселенной, выдвинув революционную идею о том, что Вселенная не статична, она расширяется. Фридман А. А. математически доказал эту идею, используя уравнения Эйнштейна общей теории относительности. До него считалось, что Вселенная статична и вечна. Учёный вывел три основных решения уравнений Эйнштейна, описывающих различные сценарии эволюции Вселенной. Модель Фридмана предсказывала расширение Вселенной, что было подтверждено наблюдениями Эдвина Хаббла в 1929 году. Данное подтверждение стало одним из самых значимых космологических открытий XX века. Модель Фридмана стала теоретической основой для возникновения и развития теории Большого Взрыва, описывающей эволюцию Вселенной от горячего и плотного состояния до её нынешнего состояния. [12]

Работа «О кривизне пространства», представленная Фридманом в 1922 году, кардинально изменила наше представление о Вселенной, переведя его от стационарной модели к динамической. Его решения уравнений Эйнштейна стали отправной точкой для многих исследований в космологии, включая изучение тёмной материи и тёмной энергии. Учёный продемонстрировал, что общая теория относительности не только описывает особенности земной гравитации, но и позволяет прогнозировать эволюцию Вселенной.

Несмотря на трагическую раннюю смерть в 1925 году, Александр Фридман оставил после себя наследие, которое продолжает влиять на современное развитие космологии, наши знания о Вселенной. Идеи и открытия Фридмана А. А., ставшие отправными точками для многих современных исследований, позволили нам смотреть на Вселенную по-новому. [12]

## **Выводы. Заключение**

Изучение астрофизики и астрономии в сочетании с навыками работы с англоязычными текстами позволило мне обратиться к зарубежным источникам информации, в которых я нашла публикации, касающиеся оценки возраста Вселенной при помощи константы Хаббла ( $H_0$ ). Обнаружив заинтересовавшую меня статью, выполнила её перевод, что позволило получить актуальные данные для выполнения собственного оценочного расчета.

Константа Хаббла является ключевым показателем для определения возраста Вселенной, и ее использование позволяет провести достаточно точные расчеты. Публикации, найденные в иностранном интернет-ресурсе, предоставляют информацию, которая помогает понять основные принципы и методы оценки возраста Вселенной.

В ходе работы с данными из этих источников, я смогла получить оценку возраста Вселенной, которая составила 14 миллиардов лет, основанную на надежных и актуальных данных. Это значение практически совпадает с официально принятой оценкой в 13,8 миллиарда лет.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенный метод анализа данных является достоверным и удобным инструментом для определения возраста Вселенной. Это демонстрирует важность изучения английского языка и приобретение способности работать с зарубежными источниками информации в сфере астрофизики. Такое сочетание интересов и практических навыков помогает мне глубже погрузиться в изучение этой увлекательной науки и обогатить свои знания в области астрофизики и астрономии.

В заключение: исследование астрофизики и астрономии с использованием англоязычных источников информации и константы Хаббла позволили мне получить достоверные данные и провести оценочные расчеты возраста Вселенной.

Результаты работы демонстрируют эффективность данного метода анализа данных, а также подчеркивают важность умения работать с иностранными источниками информации в сфере астрофизики. Полученные

знания и навыки являются ценными для моего глубокого погружения в изучение этой захватывающей науки и расширяют мои познания в области астрофизики и астрономии.

## Список источников информации

1. «Возраст Вселенной»(The age of the Universe), статья, [Электронный ресурс]: [The Age of the Universe | Astronomy 801: Planets, Stars, Galaxies, and the Universe \(psu.edu\)](#)
2. Эдвин Хаббл – статья, [Электронный ресурс]: <https://spacegid.com/jedvin-habbl.html>
3. Эдвин Хаббл, статья «A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae» (Отношение дистанции к лучевой скорости в внегалактических туманностях), [Электронный ресурс]: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC522427>
4. Александр Д. В. Статья «Hubble's Constant, explained» (Объяснение константы Хаббла), [Электронный ресурс]: [What is the Hubble constant? | University of Chicago News \(uchicago.edu\)](#)
5. Венди Л. Фридман, Барри Ф. Мэдор, Дилан Хатт, Тейлор Дж. Хоутт и другие, статья «An Independent Determination of the Hubble Constant Based on the Tip of the Red Giant Branch» (Независимое определение (H<sub>0</sub>), основанное на верхушке ветви Красных гигантов), [Электронный ресурс]: [\[1907.05922\] The Carnegie-Chicago Hubble Program. VIII. An Independent Determination of the Hubble Constant Based on the Tip of the Red Giant Branch \(arxiv.org\)](#)
6. Михаил Коробко, статья “Слияние нейтронных звезд”, [Эл. ресурс]: [Впервые зарегистрированы гравитационные волны от слияния нейтронных звезд — и свет от них / Хабр \(habr.com\)](#)
7. Этан Сизджейл, статья «How does the CMB reveal Hubble Constant?» (Как КМФИ позволяет узнать константу Хаббла?), [Электронный ресурс]: [Ask Ethan: How Does The CMB Reveal The Hubble Constant? \(forbes.com\)](#)
8. Официальный сайт эксперимента CMB-S4, [Электронный ресурс]: [CMB-S4 – CMB-S4 Next Generation CMB Experiment](#)
9. Большая Российская Энциклопедия, статья “Возраст Вселенной”, [Эл. ресурс]: [Возраст Вселенной. Большая российская энциклопедия \(bigenc.ru\)](#)

10. Статья “История определения истинного возраста Вселенной”, [Электронный ресурс]: [История определения истинного возраста Вселенной - Мир вокруг нас - Supernova.ru](#)
11. Эрик Раллс, статья “Our universe is actually 27 billion years old, almost double the current age estimate” (Нашей Вселенной 27 миллиардов лет, почти дважды от нынешнего значения), [Электронный ресурс]: [Our universe is actually 27 billion years old, almost double the current age estimate • Earth.com](#)
12. Беленький Ари, статья «Александр Фридман и истоки современной космологии», [Электронный ресурс]: ["Воды, в которые я вступаю, не пересекал еще никто" Александр Фридман и истоки современной космологии](#)
13. Виталий Пантисакс, “Гравитационные волны”, [Электронный ресурс]: [Гравитационные волны \(spacegid.com\)](#)
14. Большая Советская Энциклопедия, статья «Доплер», [Электронный ресурс]: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/161169/Доплер>
15. Статья «Космический микроволновый фон», режим доступа: [Что такое космический микроволновый фон? | New-Science.ru](#)
16. Научно-технический энциклопедический словарь, статья «Красное смещение», [Электронный ресурс]: [КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ | это... Что такое КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ? \(academic.ru\)](#)
17. Большая русская энциклопедия, статья “Красные гиганты”, [Электронный ресурс]: [Красные гиганты и сверхгиганты. Большая российская энциклопедия \(bigenc.ru\)](#)
18. Статья «Линии поглощения», [Электронный ресурс]: [Types of Stars - Spectral Lines \(sdss.org\)](#)
19. Эрик Греггерсен, статья “LIGWO” (ЛИГВО), [Электронный ресурс]: [Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory \(LIGO\) | Britannica](#)
20. Научно-технический энциклопедический словарь, статья «Парсек», [Электронный ресурс]: [ПАРСЕК | это... Что такое ПАРСЕК? \(academic.ru\)](#)
21. Максим Заболоцкий, статья Цфеиды - маяки Вселенной”, [Электронный ресурс]: [Цфеиды - маяки Вселенной \(spacegid.com\)](#)

## Глоссарий

**Гравитационные волны** – колебания времени, энергии и пространства, появляющиеся в результате непостоянной скорости движения космических объектов. Образно говоря, на гребне волны предметы и минуты сжимаются, становятся короче, а на скате — разглаживаются, приходят в порядок.[13]

**Доплер** – Кристиан Доплер (29.11.1803, Зальцбург, 17.3.1853, Венеция), австрийский физик и астроном, член Венской АН (1848). Учился в Зальцбурге и Вене. С 1847 года - профессор Горной и Лесной академий в Хеминце, с 1850 года - профессор Политехнического института и университета в Вене.[14]

**Космическое микроволновое фоновое излучение (КМФИ)** – Космический микроволновый фон — это остаточное тепло, оставшееся с первых лет сразу после Большого взрыва. Это важнейшее свидетельство в поддержку теории большого взрыва. [15]

**Красное смещение** – увеличение длины волны видимого света или в другом диапазоне электромагнитного излучения, вызванное либо удалением, либо расширением Вселенной. [16]

**Красные гиганты** – звезды высокой светимости [до  $10^5$ – $10^6$  светимостей Солнца( $L_{\odot}$ )] и низкой эффективной температурой (3000–5000 К). Согласно двумерной Йеркской спектральной классификации, они относятся соответственно к спектральным классам К и М и классам светимости III и (или 0 в случае наиболее массивных красных сверхгигантов, так называемых гипергигантов). Радиусы красных гигантов достигают сотен радиусов Солнца ( $R_{\odot}$ ), а красных сверхгигантов – тысяч радиусов Солнца. [17]

**Линии поглощения** – узкий участок спектра электромагнитного излучения, содержащий максимум или минимум интенсивности излучения. [18]

**ЛИГВО** – астрономическая обсерватория, расположенная в Хэнфорде, штат Вашингтон, и в Ливингстоне, штат Луизиана, которая в 2015 году осуществила первое прямое обнаружение гравитационных волн. [19]

**Парсек** – (обозначается пк (СИ) или пс), расстояние, на котором звезда бы имела параллакс, равный одной угловой секунде. Парсек равен 3,2616 световых года, 206265 астрономических единицам, или  $3,086310^{13}$  км. [20]

**Цефеиды** — это особый класс регулярных переменных звезд. Наиболее известной их представительницей является Полярная звезда, которая по сегодняшний день служит заблудившимся путникам ориентиром, показывая в северном полушарии точное направление на север. [21]