

УДК 02.01

ББК 87

A177

A177 Абубекеров М.К.

За кулисой мироздания. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 334 с.

**ISBN 978-5-97060-875-3**

Перед вами первая в своем роде книга – книга-революция. Автор профессиональный астроном, старший научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга МГУ имени М. В. Ломоносова. В отличие от большинства научно-популярных книг автор не останавливается на успехах современной физики и космологии. После панегирика современной науке автор совершает резкий поворот в повествовании и показывает принципиальные ограничения когнитивной деятельности сознания, коренящиеся в его биологической природе. Те ограничения, которые неизбежно наследует язык науки – математика. Пристальный взгляд на математику демонстрирует ее беспомощность как инструмента в решение фундаментальных вопросов науки. Отходя от традиционных научных штампов и обращаясь к опыту востока, автор говорит о качественно иных возможностях когнитивной деятельности сознания. Книга заставляет под иным углом взглянуть на йогу, религию, науку и неожиданно увидеть между ними то общее, что часто ускользало при поверхностном эмоциональном взгляде. Для лучшего понимания автор обращается к притчам, образность которых позволяет интуитивно понять излагаемое. Книга будет интересна всем, кого волнуют вопросы: «Что такое Вселенная?», «Что такое разум?», «Что такое человек?»

УДК 02.01

ББК 87

ISBN 978-5-97060-875-3

© Абубекеров М.К., 2021

© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2021

*Всем ищущим посвящается*

*Тут они увидели тридцать или сорок ветряных мельниц,  
стоявших посреди поля. Заметив их, еще издали,  
Дон Кихот сказал своему оруженосцу:*

*– Благосклонная судьба посылает нам удачу.  
Посмотри в ту сторону, друг Санчо!  
Вон там на равнине собрались великаны.  
Сейчас я вступлю с ними в бой  
и перебью их всех до единого.*

*Мигель де Сервантес.  
Хитроумный идальго Дон Кихот Ламанчский*

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

---

<b>Предисловие от издательства</b> .....	9
<b>Введение</b> .....	10
<b>Краткая история науки. Современные физические теории</b> .....	13
Солнечная система .....	14
Электричество и магнетизм .....	16
Специальная и общая теория относительности .....	18
Общая теория относительности .....	19
Структура Вселенной на макроуровне .....	21
<b>Теория Большого взрыва</b> .....	24
Модель Большого взрыва .....	24
Мультивселенная.....	26
Современная картина мира .....	27
Микромир. Атом .....	28
Структура атомного ядра .....	35
Квантовая электродинамика. Антиматерия.....	35
<b>Теория поля</b> .....	37
Подтверждение моря Дирака .....	38
Кварки .....	39
Физические теории человечества. Единая теория поля .....	41
Теория струн.....	43
<b>Познаваемость мироздания</b> .....	45
<b>Непостижимая эффективность математики</b> .....	48
<b>Что такое математика?</b> .....	52
Определение математики.....	52
Математические структуры.....	53

<b>Математический диалект языка</b> .....	57
Символ в математике .....	58
Немного истории математики.....	60
Символизация и алгоритмизация математики .....	62
Математика как диалект языка .....	66
<b>Как разум создает математику</b> .....	69
Математика как отражение повседневного опыта .....	70
Сенсомоторный опыт как фундамент математики .....	74
Неалгоритмический компонент .....	76
Концептуальная метафора (аналогия).....	80
Категоризация.....	84
Трансцендентальна ли математика? .....	90
<b>Абстрактизация внешнего мира</b> .....	92
<b>Иммануил Кант</b> .....	95
Феномен и ноумен .....	97
<b>Наблюдение трансцендетального единства апперцепций</b> .....	102
<b>Мышление</b> .....	104
<b>Йога</b> .....	110
Классическая йога (Раджа-йога).....	111
Первая ступень – яма (самоконтроль).....	114
Вторая ступень – нияма (рекомендации) .....	118
Асана.....	119
Пранаяма (контроль над нервными токами) .....	122
Автономная и соматическая нервная система .....	122
Волевой контроль автономной нервной системы .....	127
Наблюдение за дыханием .....	128
Равномерное дыхание .....	130
Внимание и сосредоточение .....	137
Наули .....	142
Практика самонаблюдения.....	144
Пратьяхара (управление органами чувств).....	148
<b>Медитация (Саньяма)</b> .....	154
Викшипта. Экагра .....	155
О наблюдателе.....	158

Дхарана. Дхьяна. Самадхи.....	160
Дхьяна.....	162
Самадхи.....	163
Нирвитарка самадхи.....	166
Сарвичара и нирвичара самадхи.....	174
Что такое «Я», или Атман.....	177
<b>Сиддхи (сверхспособности).....</b>	<b>194</b>
<b>Религия .....</b>	<b>200</b>
Джнана-йога. Буддизм.....	205
Бхакти-йога. Христианство.....	209
Карма-йога (Йога действия).....	224
Эгоизм .....	227
Йог Рамакришна.....	238
Религия .....	245
Раджа-йога.....	253
<b>Йога и современная наука .....</b>	<b>255</b>
Модель лоскутной Вселенной.....	256
Инфляционная мультивселенная.....	257
Бранная мультивселенная.....	259
Ландшафтная мультивселенная.....	263
«Модель Вселенной йоги».....	269
<b>Физический закон и сознание .....</b>	<b>276</b>
<b>Разгадка эффективности математики.....</b>	<b>285</b>
Проблема измерений.....	288
Единая теория (теория всего). Перспективы. Познаваемость мира.....	289
<b>Заключение .....</b>	<b>293</b>
<b>СБОРНИК ПРИТЧ .....</b>	<b>294</b>
Кот гуру .....	294
Будда и слепой.....	294
Где Бог? .....	295
Идти по Пути.....	296
Кто самый ученый.....	298

---

Мая .....	300
О цене вопросов.....	301
Не теряйте времени (пересказ Малой сутты о советах Малункы).....	303
Листья в руке Будды .....	304
Сказание об огне.....	304
Заветная звезда.....	307
Развяжите узлы .....	309
Одиннадцать вопросов .....	310
Слова Будды .....	310
Три типа слушателей.....	311
Большая разница.....	311
Я живу обычной жизнью .....	312
Перевоплощение .....	313
Слепые и слон.....	314
Лодка с одним веслом .....	314
Эно о колышущемся разуме .....	315
Притча о черепахе (Куммопама сутта) .....	315
Воспарить над верой .....	317
Коза меламеда (притча про ноумен и категоризацию).....	318
Две лягушки.....	320
Ужин у волшебника .....	321
Об этом нельзя говорить прямо.....	322
Глубина молитвы .....	323
Костыли .....	323
Нагарджуна и вор .....	324
Уход Лин-чи .....	326
Рецепт врача .....	326
Притча о хамелеоне.....	327
Рассказ о разбойнике. Три гуны природы.....	328

---

<b>Список литературы.....</b>	<b>330</b>
-------------------------------	------------

# ПРЕДИСЛОВИЕ ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

---

## Отзывы и пожелания

Мы всегда рады отзывам наших читателей. Расскажите нам, что вы думаете об этой книге, – что понравилось или, может быть, не понравилось. Отзывы важны для нас, чтобы выпускать книги, которые будут для вас максимально полезны.

Вы можете написать отзыв прямо на нашем сайте [www.dmkpress.com](http://www.dmkpress.com), зайдя на страницу книги, и оставить комментарий в разделе «Отзывы и рецензии». Также можно послать письмо главному редактору по адресу [dmkpress@gmail.com](mailto:dmkpress@gmail.com), при этом напишите название книги в теме письма.

Если есть тема, в которой вы квалифицированы, и вы заинтересованы в написании новой книги, заполните форму на нашем сайте по адресу [http://dmkpress.com/authors/publish\\_book/](http://dmkpress.com/authors/publish_book/) или напишите в издательство по адресу [dmkpress@gmail.com](mailto:dmkpress@gmail.com).

## Список опечаток

Хотя мы приняли все возможные меры, для того чтобы удостовериться в качестве наших текстов, ошибки все равно случаются. Если вы найдете ошибку в одной из наших книг – возможно, ошибку в тексте, – мы будем очень благодарны, если вы сообщите нам о ней. Сделав это, вы избавите других читателей от расстройств и поможете нам улучшить последующие версии этой книги.

Если вы найдете какие-либо ошибки, пожалуйста, сообщите о них главному редактору по адресу [dmkpress@gmail.com](mailto:dmkpress@gmail.com), и мы исправим это в следующих тиражах.

## Нарушение авторских прав

Пиратство в интернете по-прежнему остается насущной проблемой. Издательство «ДМК Пресс» очень серьезно относится к вопросам защиты авторских прав и лицензирования. Если вы столкнетесь в интернете с незаконно выполненной копией любой нашей книги, пожалуйста, сообщите нам адрес копии или веб-сайта, чтобы мы могли применить санкции.

Пожалуйста, свяжитесь с нами по адресу электронной почты [dmkpress@gmail.com](mailto:dmkpress@gmail.com) со ссылкой на подозрительные материалы.

Мы высоко ценим любую помощь по защите наших авторов, помогающую нам предоставлять вам качественные материалы.



*А мы все ставим каверзный ответ  
и не находим нужного вопроса.*

*В.С. Высоцкий. Мой Гамлет*

*Со времен Сократа и Декарта человечество  
уверенно шагает по лестнице вверх,  
которая ведет вниз.*

*М. Хайдеггер*

*Столетиями разум является  
упорным противником мышления.*

*М. Хайдеггер*

## **ВВЕДЕНИЕ**

---

Автор книги – профессиональный астроном, научный сотрудник одного из ведущих институтов астрономии РФ. Работая над дипломом, позже диссертацией, общаясь с коллегами в кулуарах конференций, кабинетах институтов и университетов, автора всегда удивляло, как глобальные вопросы, которые завораживают старшеклассников и студентов начальных курсов, превращаются в узкоспециальные разобщенные исследования, в которых часто теряется сам дух поиска ответа на глобальный вопрос, уступая место вычислительной рутине и построения разного рода частных функций исследуемых параметров и поверхностей невязок и т. п. Беспokoившие и подвигавшие на поступление в университет глобальные вопросы уступают место «научной рутине». Фундаментальные вопросы, из которых и вырос величественный ветвистый дуб современной науки и которые заставляли гореть взгляды юношей и девушек, растворяются словно туман.

В результате научных исследований как-то так получается, что магистральные вопросы науки «Что такое Вселенная?», «Что такое жизнь?», «Что такое разум?», «Что такое человек?» отходят на второй план. Но первоочередными задачами становятся разного рода узкоспециальные вопросы поиска какого-либо коэффициента или поведения во времени, того или иного параметра, зависимости одной величины от другой и пр. Поскольку современная наука не способна ответить на эти вопросы как в настоящем, так и в ближайшем будущем, то бурное море науки прибило эти вопросы к берегам фило-

софии, о которые они шумно бьются и поныне. Отдавая дань юношескому романтизму, автор хочет вернуться к озвученным онтологическим вопросам.

Вопросы происхождения Вселенной и жизни беспокоили все народы мира и являлись драйвером мифотворчества. Перечисленные вопросы – это онтологические вопросы, заложенные в нас с рождения самой природой. Все народы Земли пытались и пытаются найти на них ответы – и аборигены Австралии, и индейцы обеих Америк, и жители Крайнего Севера, и ученые развитых стран. Одни отвечали мифами и сказками, другие системами уравнений, исследованием функциональных зависимостей и поверхностей невязок.

Перечисленные вопросы для науки даже не то чтобы сложны – вопросы столь глобальны и неподъемны, как сама бесконечная Вселенная. Как говорил Козьма Прутков, «нельзя объять необъятное». Но тем не менее от попыток отказаться невозможно.

Вопросы «Как устроено мироздание?», «Что такое жизнь?», «Что такое разум?», «Что такое человек?» отданы современной естественной наукой философам. Древнегреческие философы в результате поисков ответа на эти вопросы заложили основы научного подхода. Именно из семян этих вопросов поднялось и выросло огромное ветвистое дерево современной науки со множеством дисциплин и отраслей знания. Сосчитать современные отрасли знания и вопросы, над которыми ломают голову исследователи, так же непросто, как сосчитать листья на дереве, но онтологические вопросы, беспокоившие древних греков, остаются без ответа до сих пор.

Современный научный подход исследования любого природного феномена и в том числе исследования ранних стадии происхождения Вселенной приводит к множеству математических моделей, представляющих систему уравнений с определенными граничными условиями.

В этой книге автор, следуя традиции древних греков, хочет вернуть читателя к истокам науки, к тем самым фундаментальным вопросам «Что такое Вселенная?», «Что такое Жизнь?», «Что такое человек?», «Что такое Разум?» Рассмотрим эти вопросы с высоты накопленного человечеством знания. Эта книга не посвящена космологии и новейшим космологическим моделям, но касается их. Книга посвящена тому пласту неизвестного, который порождает космологические модели.

Будучи учеником старших классов, автор прочитал замечательную повесть братьев Стругацких «За миллиард лет до конца света». Сверхцивилизация, пытаясь то ли уберечь человечество от самого себя, то ли себя от конкурента в лице человечества, решила нанести удар по наиболее перспективным научным открытиям ученых Земли. И сверхцивилизация ударила по будущим научным открытиям весьма странным и парадоксальным образом – она наполнила жизнь ученых бытовым сумбуром, препятствующим работе. На первый взгляд совершенно несвязанные друг с другом открытия – разработка новых микросхем, культурное влияние Японии на США, астрономические объекты со сверхбыстрым течением плазмы, новые математические объекты, опыты по генетике плодородных культур – в будущем сходились в едином неведомом фокусе, раскрывающем перед человечеством неведомое до этого знание и перспективы.

Как знать, может действительно эти на первый взгляд столь разнородные исследования, столь разобщенные движения человеческой мысли сливаются в единый поток, сходятся словно лучи в некоем едином фокусе, лежащем за нашим гносеологическим горизонтом, столь далеким, о котором сама мысль кажется парадоксальной и экзальтированной. Попытаемся в этом разобраться.

## КРАТКАЯ ИСТОРИЯ НАУКИ. СОВРЕМЕННЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ

---

Вспоминается интересный эксперимент, о котором автор слышал на одном междисциплинарном семинаре. В ходе эксперимента крысу помещали в изолированное комфортное пространство с обилием разнообразной еды и питья – некий «крысиный рай». В одной из комнат «крысиного рая» располагался темный тоннель, ведущий в неизвестность. Крыса спустя некоторое время после сытой жизни начинала активно интересоваться этим тоннелем. Вбегая в тоннель, она получала чувствительный удар током и возвращалась обратно в свой «крысиный рай». Спустя некоторое время крыса предпринимала все новые и новые попытки проникнуть в тоннель. В конце концов, несмотря на удары током, крыса преодолела тоннель, ведущий ее в terra incognita.

Что же тогда говорить о человеке?! Человеческий разум не может стоять на месте. Этот естественный компьютер, появившийся и развившийся в ходе эволюции, непрерывно, словно Минотавр, требует пищи для размышлений. Сталкиваясь с явлениями природы, человеческий разум пытался и пытается уловить, понять их суть, найти смысл, выявить тенденции и установить скрытые взаимосвязи, определить причинно-следственные связи и синтезировать результат в общую закономерность. Рост культуры мышления выкристаллизовался в науку. Современная наука – это естественное свойство разума к его попытке синтеза и понимания тенденций окружающего мира с опорой на математический аппарат, методики экспериментальной верификации гипотез. Двигателем современной науки являются вопросы, на которые искали ответы древнегреческие философы (равно как и человек умелый и человек разумный, еще ничего не знавший о древних греках), – «Как устроен этот мир?», «Как он образовался?», «Что есть человек?», «Откуда и как произошел человек?» Современная наука расширила этот список вопросов: «Что такое разум?», «Как работает наше сознание?», «Как устроена наша Вселенная?» Эти глубочайшие вопросы остаются без ответа и в наше время, являясь драйверами самого научного поиска.

Человек всегда стремился понять устройство мира, причины происходящих явлений, движения светил, затмений, законы окружающего его феноменального мира, понять устройство мироздания. Пелена, скрывающая тайны мира, развеяна как на макро-, так и на микроуровне, но перед современной наукой встают еще более сложные вопросы по сравнению с уже решенными.

Пройдемся по основным вехам становления современной научной картины мироздания.

## **Солнечная система**

Древнегреческие философы задумывались над картиной мира, причинами смены дня и ночи, формой и размером Земли, устройством Солнечной системы. Они пытались объяснить движения планет, неподвижность звезд, вспышки метеоров, солнечные и лунные затмения, вращения небосвода, полосу Млечного Пути и т. д. В результате накопленное знание и оригинальность мышления греков вылились в разнообразные системы мироздания, из которых впоследствии утвердилась естественная с точки зрения повседневного восприятия геоцентрическая система мира. Земля – центр Вселенной, вокруг которого по дифферентам и эпициклам вращаются планеты, за планетами находится статичная небесная сфера со звездами.

Ученые античного мира были весьма неглупые люди. Разработанная математическая модель обращения планет по дифферентам и эпициклам вполне удовлетворяла наблюдательной точности того времени и обладала необходимой для любой теории предсказательной способностью, позволявшей определять будущие положения планет и моменты солнечных и лунных затмений. Древним грекам для этих целей даже удалось создать астрономический компьютер, известный как антикитерский механизм.

Геоцентрическая модель продержалась вплоть до середины XVI века. Пока Коперник не высказал на страницах своего сорокалетнего труда «О вращении небесных сфер» революционное предположение о гелиоцентрическом устройстве Солнечной системы, согласно которой вокруг Солнца, расположенного в центре Солнечной системы, по круговым орбитам двигались планеты.

Новая модель Солнечной системы была принята далеко не сразу, поскольку ее предсказательная точность была хуже точности используемой геоцентрической модели Птолемея–Гиппарха. Предсказательная точность геоцентрической теории на основе движения планет по дифферентам и эпициклам была заметно лучше.

Для торжества истины потребовались высокоточные таблицы наблюдений Марса, полученные выдающимся датским астрономом-наблюдателем Тихо Браге, а также гений и трудолюбие немецкого математика-астронома Иоганна Кеплера. Кеплер на основе многолетних таблиц наблюдений Марса после десяти лет кропотливой работы установил, что планеты двигаются не по окружностям, а по эллипсам, в одном из фокусов которых расположено Солнце (первый закон Кеплера). Во втором законе Кеплер установил, что площади, заметаемые воображаемой линией, соединяющей планету и Солнце за одинаковые промежутки времени, равны. Третий закон Кеплера математически связывал расстояние планеты от Солнца с периодом ее обращения вокруг Солнца – квадраты периодов отношения планет равны обратному отношению кубов больших полуосей.

Предсказательная способность гелиоцентрической системы с планетами, движущимися по эллипсам, точно соответствовала наблюдаемому положению планет на небе. Однако законы Кеплера не давали ответа на вопрос «Почему планеты движутся именно по эллипсам?»

Для ответа на этот вопрос и для дальнейшего понимания законов мироздания потребовались яблоко и гений молодого Исаака Ньютона. Исторический анекдот рассказывает, что яблоко, упавшее на 25-летнего Ньютона, заставило его задуматься о причине падения тел. Этот анекдот отражает мировоззренческий слом, который произвел Ньютон перед началом работы над проблемой тяготения. От Аристотеля шла традиция разделять небесные и земные законы. Полагалось, что небесные тела движутся по окружностям, а в подлунном мире тела двигаются лишь по прямым. Для небесных тел закон один, а для яблок – другой. Ньютон выдвинул революционное предположение о единстве закона тяготения для яблока и Юпитера: что позволено Юпитеру, то позволено и яблоку! Эта предположение позволило Ньютону успешно создать теорию гравитации, обобщившую законы Кеплера.

Законы Кеплера предстали частными случаями движения тел вокруг гравитационного центра. При работе над теорией гравитации Ньютон создал новый математический аппарат – интегро-дифференциальное исчисление. Также Ньютон сформулировал три закона механики, полностью разрушившие научные штампы, тянувшиеся со времен лицея Аристотеля.

Мир в рамках механистической картины представлялся простым и понятным. Солнце и космические тела, планеты движутся по коническим сечениям; на поверхности Земли яблоки и пушечные ядра, ускоряющиеся под воздействием сил, движутся по параболическим траекториям. В случае же равенства действующих сил тела сохраняют покой или движутся с постоянной скоростью. Но любознательность человека не знает границ. Человеческое сознание не знает покоя и усталости. Следующей важной вехой научного поиска стали законы электромагнетизма.

## Электричество и магнетизм

Опыты Майкла Фарадея привели к обнаружению дотоле скрытого от глаз феномена. Незначительное отклонение стрелки амперметра вылилось в теорию электродинамики и магнетизма.

Майкл Фарадей случайно обнаружил, что амперметр фиксирует возникновения электрического тока в замкнутом металлическом контуре при движении над ним постоянного магнита. Этот случайный результат явился триггером к дальнейшему изучению электромагнитных явлений, которые были обобщены в четырех блестящих уравнениях Джеймса Клерка Максвелла, описывающих весь перечень феноменов электромагнетизма и сводящих в единое целое весь спектр разобобщенных явлений: видимый глазом свет, радиоволны, постоянные магниты, электрический ток, электростатические разряды. Законы электродинамики Максвелла позволили создать и поставить на службу человечеству радиоантенны, телевизоры, мобильные телефоны, телевидение, спутниковую связь и т. д. Но это еще не все.

Законы электродинамики Максвелла имели очень важное значение для создания общей теории относительности – Максвелл перешел от ньютоновской механической парадигмы с ее силами и точками приложений к полемому описанию явлений

природы. В своей популярной книге «Эволюция физики» Альберт Эйнштейн и Леопольд Инфельд писали:

*«Формулировка этих уравнений [то есть уравнений Максвелла. – М. А.] является самым важным событием со времени Ньютона не только вследствие ценности их содержания, но и потому, что они дают образец нового типа законов. Характерную особенность уравнений Максвелла, которая проявляется и во всех других уравнениях современной физики, можно выразить в одном предложении: уравнения Максвелла суть законы, выражающие структуру поля... Теоретическое открытие электромагнитной волны, распространяющейся со скоростью света, является одним из величайших достижений в истории науки» [16].*

Полевой подход Максвелла проторил, по утверждению Эйнштейна, дорогу к общей теории относительности:

*«... теория относительности обязана своим возникновением уравнениям Максвелла для электромагнитного поля» [17].*

Стоит также отметить, что теория Максвелла была первой калибровочно-инвариантной теорией. Она дала толчок дальнейшему развитию принципа калибровочной симметрии, который лежит в основе современной Стандартной модели, законченной в 80-х годах XX века. Однако вклад Максвелла в физику в виде уравнений электродинамики не был по достоинству оценен современниками.

В конце XIX века наука располагала математическим описанием механических явлений и явлений электромагнетизма – ньютоновской теорией гравитации, ньютоновскими законами механики и законами электродинамики. Было выстроено прочное здание математического описания явлений природы. Так что казалось, что сама физика почти достигла своих горизонтов. И в скором времени физика как наука будет исчерпана.

*«Талантливый и умный физик лорд Кельвин сказал в одном из своих выступлений: "Теоретическая физика представляет собой стройное и законченное здание. На ясном небе физики имеются всего лишь два небольших облачка. Я думаю, что эти два частных вопроса будут скоро разрешены, и физикам XX века уже нечего будет делать".*

*Вам интересно узнать, что это за два облачка? Надо отдать Кельвину должное в том, что он упомянул именно эти две неприятности (неприятности с точки зрения физиков конца XIX века). Одна из них – это постоянство скорости света, обнаруженное*



*в опыте Майкельсона. Из этого облачка выросла теория относительности! Другая – кривая интенсивности излучения в зависимости от длины волны. Теория этого времени требовала, чтобы кривая лезла вверх с уменьшением длины волны, то есть при переходе в голубую сторону спектра. Но опыт привел к "голубой катастрофе" – кривая имела максимум, перевалив через который, падала к волнам малой длины. Эта вторая неприятность привела к квантовой физике, когда Планк выяснил, в чем здесь дело» [18].*

Пойдем дальше – рассмотрим следующие шаги науки, приведшие к мировоззренческой революции и уходу от статических и механических конструкций, используемых при описании феноменального мира.

## **Специальная и общая теория относительности**

Задумавшись над постоянством скорости света, Альберт Эйнштейн понял, что это постоянство можно обеспечить, только спаяв воедино дотоле разрозненные и рассматриваемые отдельно пространство и время. Эйнштейн показал, что пространство и время представляют единый пространственно-временной континуум.

Эйнштейн наполнил физическим смыслом преобразования Пуанкаре–Лоренца, математически описывающие сокращения длины объектов и увеличение временных интервалов в системах отчета,двигающихся относительно нас с постоянными скоростями, близкими к скоростям света. Специальная теория относительности (СТО) напрочь уничтожила ньютоновскую «театральную сцену» в виде пространства и прибора для измерения времени, на которой более двухсот лет происходило описание физических феноменов.

Теперь существовал единый четырехмерный пространственно-временной континуум. «Абсурдные» с точки зрения здравого смысла и повседневного опыта предположения о постоянстве скорости света и сокращении длины тел и временных отрезков в системах, движущихся со скоростями, близкими к скорости света, были сразу и многократно после подтверждены экспериментальными данными.

Не только астрофизики и космологи используют СТО для описания явлений, происходящих в далеком космосе, но и ин-

женеры при проектировании ускорителей частиц, коллаидеров, спутниковых позиционных систем в своих расчетах используют СТО, когда речь заходит об объектах, движущихся со скоростями, сравнимыми со скоростью света.

## Общая теория относительности

Эйнштейн не остановился на совершенной им революции в физике и развил свои идеи далее. Он задумался над самой природой гравитационных сил. Над тем самым вопросом, который оставил без ответа Исаак Ньютон в своей гравитационной теории. Как именно передается сила гравитации между Солнцем и Землей, что является этой невидимой нитью, удерживающей Землю? Ньютон описал, как будет двигаться тело около гравитационного центра, но вопрос, почему оно так двигается, был за рамками ньютоновской гравитационной теории. Что выступает посредником гравитации, если между Землей и Солнцем ничего нет?

Эйнштейн исходил из того, что нельзя утверждать, что между Солнцем и Землей ничего нет. Между ними располагается пространство. Само пространство и является посредником гравитации. Эйнштейн искал математический аппарат, с помощью которого можно было бы подступиться к этой задаче. Он потратил около десяти лет на создание математического каркаса для общей теории относительности (ОТО) на основе своего интуитивного представления о гравитации как об искривлении пространства-времени.

В качестве математического инструмента Эйнштейн использовал тензорный анализ. Теория гравитации оформилась в виде десятка полевых уравнений, объясняющих, как в точности изменяются пространство и время в присутствии заданного количества материи (массы), являющейся, по сути, энергией (знаменитое соотношение  $E = mc^2$ ).

Общая теория относительности не только объяснила и выявила природу гравитации, но и позволила и позволяет физикам проводить точное описание движения космических объектов около гравитирующих центров. Гравитация, согласно ОТО, – это деформация пространственно-временного континуума, вызванного объектами, находящимися внутри него, то есть

гравитация – это форма самого пространства-времени. Оказалось, что пространственно-временной континуум ведет себя как резиновый кубик – континуум может сжиматься, скручиваться и растягиваться под действием находящейся в нем массы (энергии). Физики в виде общей теории относительности получили мощный инструмент для исследования.

Новая теория гравитации открывала широкие возможности и раздвигала горизонты для исследования космоса. Общая теория относительности, разбившая штампы повседневного опыта (сформированные на основе наблюдения падения тел и ньютоновской гравитации), парадоксально выглядящая, с трудом укладываемая в сознание, была сразу подтверждена или, как говорят ученые, верифицирована.

Ньютоновская гравитация не объясняла медленное вращение эллипса орбиты Меркурия. В 1915 году Эйнштейн рассчитал движение Меркурия на основе ОТО. Общая теория относительности объясняла движение эллипса орбиты Меркурия деформацией пространственно-временного континуума вследствие близости Меркурия к Солнцу и давала значение угловой скорости движения орбиты эллипса (точнее, большой полуоси эллипса), полностью совпадавшее с наблюдаемым.

Это был первый триумф ОТО. Этот момент был настолько волнующим, что Эйнштейн не мог несколько часов унять сердцебиение. Затем в 1919 году астрономические наблюдения, организованные Артуром Эддингтоном и его коллегами, показали, что свет от далеких звезд, проходящий вблизи Солнца, движется по траектории в точном соответствии с предсказанием общей теории относительности.

Одна из впечатляющих проверок общей теории была осуществлена в 1970-х годах с помощью высокоточных атомных часов с точностью хода в миллиардные доли секунды. Одни часы разместили у земной поверхности, а вторые – на верхнем этаже небоскреба Эмпайр-стейт-билдинг. На часы, расположенные у земли, действует большая сила гравитации, так как они находятся ближе к центру Земли, чем на часы, находящиеся на верхнем этаже небоскреба.

В результате эксперимента была зафиксирована разность хода часов. Время у основания небоскреба текло медленнее (на несколько миллиардных долей секунды в год), чем на его верхнем этаже. Эта обнаруженная разница во времени часов,

расположенных в основании небоскреба и пентхаусе, является наблюдаемым проявлением искривления времени. Интересно, что основной вклад в притяжение гравитирующих центров, например Земли и Солнца, вносит именно кривизна времени, а не пространства. Общая теория относительности показывает, что объекты стремятся в те области пространства, где время течет медленнее. Это объясняет, почему объекты, когда их отпустить, падают вниз и, в частности, почему яблоко упало на Ньютона.

Одним из важных подтверждений ОТО был космический эксперимент Probe B (2004 год). Целью эксперимента являлась проверка и измерения эффекта скручивания пространства на основе смещения положения сверхточных гироскопов. При скручивании пространственно-временного континуума вследствие самого скручивания пространства-времени ориентация оси гироскопа должна отклониться на 0.2 угловых секунды вследствие попадания в воронку пространства-времени от вращения Земли. Оказалось, что Земля действительно закручивает вслед за своим вращением пространственно-временной континуум – оси гироскопа смещались на величину, предсказанную общей теорией относительности. Эксперимент подтвердил верность предположения о самой природе пространственно-временного континуума. Пространство – это не просто пустота, а нечто, что может скручиваться, изгибаться, растягиваться.

В 2016 году человечество получило очередное подтверждение верности общей теории относительности посредством гравитационно-волновой обсерватории LIGO. Этой гравитационной обсерваторией были зафиксированы колебания пространственно-временного континуума вследствие слияния двух черных дыр, характеристики которого находились в полном соответствии с предсказанием ОТО.

## Структура Вселенной на макроуровне

Уравнения Эйнштейна общей теории относительности и новый взгляд на структуру и роль пространства-времени открывали перед исследователями новые горизонты. В течение года после публикации ОТО Эйнштейн начал изучать ее применение к космосу в целом – к нашей Вселенной. Эта грандиозная и неподъемная задача при ряде здравых предположений, на-

званных *космологическим принципом*, сводится к упрощенным уравнениям. Эти уравнения и легли в основу современной теоретической космологии и позволили построить теорию Большого взрыва, открыть инфляционную стадию расширения Вселенной, антигравитацию и ускоряющееся расширение Вселенной.

*Космологический принцип* является предположением о структуре пространственно-временного континуума и заключается в утверждении, что Вселенная на больших масштабах однородна и изотропна. Эйнштейн, вводя космологический принцип для упрощения системы уравнений, руководствовался интуитивными соображениями об отсутствии во Вселенной особых и выделенных мест. Все области Вселенной на больших масштабах равноправны. Астрономические наблюдения последних лет подтвердили верность этого предположения.

При использовании *космологического принципа* набор из десяти уравнений сводится к одному уравнению, связывающему кривизну пространственно-временного континуума с энергией, которая в нем содержится (тензор энергии-импульса и тензор Риччи, описывающий метрику пространства-времени). Математика уравнений нарушала общепринятую (до 20-х годов прошлого века) парадигму статичной Вселенной. Согласно решению уравнения ОТО для однородной изотропной Вселенной Вселенная должна или расширяться, или сжиматься.

Эйнштейн, следуя античным традициям о небесной сфере, был убежденным сторонником статичной неподвижной Вселенной. Поэтому он сделал отличным от нуля один из членов уравнения – энергию пространственно-временного континуума (*космологическую постоянную*), которая позволяла сохранить Вселенную статичной и приводила к картине космоса, в которую верил Эйнштейн и которую ожидало увидеть подавляющее большинство ученых.

Однако не все физики согласились с таким решением. Из решения уравнений ОТО получалось, что пространственно-временной континуум должен расширяться. Российский астроном Александр Фридман и француз Жорж Леметр независимо друг от друга исследовали решения, описывающие расширяющуюся Вселенную.

Полагаясь на математический формализм уравнений ОТО, Леметр понял, что Вселенная не может быть статичной. Эйн-

штейн, ознакомившись на Сольвеевском конгрессе 1927 года с выводами Леметра о расширяющемся пространственно-временном континууме, упрекнул Леметра в слепом следовании математическим выкладкам и готовности принять «чудовищные физические выводы», очевидно, являющиеся абсурдом.

Однако через пару лет картина динамической Вселенной была подтверждена наблюдательными данными, полученными на обсерватории Маунт-Вилсон астрономом Эдвином Хабблом в 1929 году. Эдвин Хаббл на основе массового наблюдения галактик и измерения их лучевых скоростей установил, что все галактики разбегаются от нашей Галактики.

Согласно космологическим сценариям Леметра наблюдаемая в настоящее время Вселенная когда-то находилась в сверхплотном состоянии – состоянии первородного атома. Леметр и Фридман после наблюдательного подтверждения разбегания галактик были реабилитированы. Фридман приобрел репутацию первого ученого, исследовавшего решения ОТО, описывающие расширяющуюся Вселенную; Леметр – как первого исследователя космологических сценариев. Работы Фридмана и Леметра признаны триумфом математического подхода к изучению Вселенной.