

СЕРИЯ СЕРИИЩА

РИЧАРД МЮЛЛЕР

ФИЗИКА ВРЕМЕНИ

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	9
ЧАСТЬ I. УДИВИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ	15
Глава 1. Запутанная тайна	17
Глава 2. Возвращение Эйнштейна в детство	28
Глава 3. Это скачущее <i>сейчас</i>	41
Глава 4. Противоречия и парадоксы	58
Глава 5. Предел скорости света, уловки скорости света	67
Глава 6. Мнимое время	76
Глава 7. В бесконечность и далее	93
ЧАСТЬ II. СЛОМАННАЯ СТРЕЛА	103
Глава 8. Стрела преткновения	105
Глава 9. Раскрываем секрет энтропии	111
Глава 10. Эта таинственная энтропия	119
Глава 11. Объяснение времени	130
Глава 12. Наша маловероятная Вселенная	136
Глава 13. Вселенная извергается	146
Глава 14. Конец времени	160
Глава 15. Выбрасываем энтропию под автобус	170
Глава 16. Альтернативные стрелы	182
ЧАСТЬ III. «ЖУТКАЯ» ФИЗИКА	201
Глава 17. Кот одновременно живой и мертвый	203
Глава 18. Подразним квантовый призрак	213
Глава 19. Эйнштейн повержен	228
Глава 20. Вот и путешествие назад во времени	244

ЧАСТЬ IV. ФИЗИКА И РЕАЛЬНОСТЬ	267
Глава 21. По ту сторону физики	269
Глава 22. Cogito ergo sum.	283
Глава 23. Свобода воли	293
ЧАСТЬ V. СЕЙЧАС	309
Глава 24. Четырехмерный Большой взрыв	311
Глава 25. Смысл понятия <i>сейчас</i>	325
ПРИЛОЖЕНИЯ	331
Приложение 1. Математика относительности	333
Приложение 2. Время и энергия.	347
Приложение 3. Доказательство иррациональности $\sqrt{2}$	352
Приложение 4. Творение	354
Приложение 5. Математика неопределенности	357
Приложение 6. Физика и Бог	360
Я	364
Благодарности	366

ВВЕДЕНИЕ

Сейчас — это таинственное и эфемерное мгновение, меняющее свое значение каждый миг, — вполне оправданно ставило в тупик священников, философов и физиков. Понимание *сейчас* требует знания законов относительности, энтропии, квантовой физики, антивещества, обратного движения во времени, квантовой запутанности, Большого взрыва и темной энергии. Только сейчас в нашем распоряжении есть достижения физики, которые позволят понять, что же это все-таки такое — *сейчас*.

Ускользающее значение этого понятия долгое время было камнем преткновения в физике. Сегодня мы знаем, что такое замедление времени, возникающее под воздействием скорости и гравитации, и даже обратный его ход, согласно теории относительности, и все же ничего не добились в объяснении самого удивительного свойства времени — его течения и толкования слова *сейчас*. Фундаментальная физическая картина мира, известная как «пространственно-временная диаграмма», не дает ответа на эти вопросы. Физики иногда превратно считают отсутствие ответов доказательством и делают вывод, что течение времени — всего лишь иллюзия. Но это отступление перед природой. Пока нам будет неясно значение слова *сейчас*, невозможен прогресс в понимании времени — основополагающего аспекта окружающего мира.

В этой книге я постарался собрать воедино все современные достижения физики и сложить из них пазл, чтобы прояснить картину *сейчас*. К тому же пришлось убрать из головоломки элементы, ошибочно помещенные в некоторые ячейки.

Широкое понимание физики объясняет, почему до сих пор не удавалось решить ребус с толкованием *сейчас*. Физика не проста и не линейна, поэтому в книге приходится касаться огромного материала, которого, возможно, даже многовато для отдельного издания. Не стесняйтесь листать страницы вперед и назад, возвращаясь к идеям и концепциям, которые вы пропустили. Вообще все содержание этого труда вполне можно воспринимать как тайну, по мере приближения к которой проявляются некоторые ключи, способные приоткрыть завесу над ней.

По специальности и научной практике я прежде всего физик-экспериментатор: конструирую и использую опытное оборудование, чтобы раскрывать спрятанные от нас физические истины. Два моих проекта непосредственно связаны с пониманием времени: измерение остаточного микроволнового (реликтового) излучения, сохранившегося после Большого взрыва, и точное измерение прошлого расширения Вселенной, включая открытие темной энергии, которая обуславливает ускорение этого расширения. Должен признаться, что написал немало чисто теоретических работ, но только тогда, когда не хватало ассигнований на эксперименты или если я считал существовавшие теории ошибочными. Насколько мне известно, настоящая книга — единственная посвященная проблеме времени, которую написал физик, глубоко вовлеченный в экспериментальные исследования. Ниже я поделюсь мыслями относительно того, с какими трудностями и разочарованиями сталкиваются ученые в ходе таких разработок.

Путь к пониманию категории *сейчас* требуется разделить на пять частей.

Часть I, «Удивительное время», я начинаю с обсуждения вполне устоявшихся, но тем не менее удивительных аспектов понимания времени, которые в основном были открыты Альбертом Эйнштейном. Время не просто растягивается, замедляется и поворачивает вспять; подобным поведением оно затрагивает нашу повседневную жизнь. Работа GPS, навигационной системы, которая позволяет ориентироваться на местности и не заблудиться, целиком основана на уравнениях теории относительности Эйнштейна и на указанных выше странных, на первый взгляд, свойствах времени. Именно теория относительности позволила

представить четырехмерный пространственно-временной континуум. Самый важный вывод части I: мы знаем о времени достаточно много, и хотя его природа непроста, она весьма определена. Скорость течения времени зависит от скорости движения объектов и гравитации. Даже порядок возникновения событий — какое из них назвать первым — не универсальная истина. Более того, теория относительности Эйнштейна дает много структурных компонентов, необходимых для понимания нашего *сейчас*.

В части II, «Сломанная стрела», я убираю одну из деталей головоломки, которая ранее ошибочно была помещена в неподходящее для нее место. Эта деталь больше других сдерживала продвижение мысли в понимании *сейчас*. Речь идет о теории Артура Эддингтона¹, претендующей на определение направления течения времени: согласно этой теории, время идет от прошлого к будущему, и никогда не наоборот. Я сначала изо всех сил пытаюсь оправдать этот постулат и только потом разбираю его фатальные ошибки.

Эддингтон приписывал течению времени возрастание *энтропии*², меры хаоса во Вселенной. Сейчас мы знаем об энтропии во Вселенной гораздо больше, чем Эддингтон в 1928 году, когда предложил свою теорию. Я постараюсь доказать, что этот ученый был неправ. Именно течение времени увеличивает энтропию, а не наоборот. Энтропия не вызывает диктатуры, которую часто ей приписывают. Контроль над путями развития энтропии оказывается очень важным для нашего понимания *сейчас*.

Часть III, «Жуткая» физика», знакомит читателя с еще одним важным элементом, необходимым для понимания *сейчас*, — таинственной квантовой физикой. Эта часть науки — пожалуй, наиболее успешная теория всех времен: в ней соотношение между предсказаниями ученых и наблюдениями составляет 10:10. Тем не менее квантовая теория одновременно и сбивает с толку, и внушает беспокойство. Неуловимые квантовые

¹ Артур Эддингтон (1882–1944) — английский астрофизик. В разные годы — директор астрономической обсерватории в Кембридже, президент Королевского астрономического общества, президент Лондонского общества физиков. С 1920-х гг. сосредоточился на «фундаментальной теории», предполагающей объединение квантовой теории, теории относительности, космологии и гравитации. *Прим. ред.*

² Энтропия — мера неупорядоченности системы. *Прим. науч. ред.*

волны и попытки их измерения грубо противоречат теории относительности Эйнштейна. Их нельзя обнаружить или каким-то образом использовать. Поведение квантовых волн бросает вызов нашему ощущению реальности и расширяет его, что очень пригодится в толковании *сейчас*. Наиболее интригующим (а возможно, и освобождающим наше мышление) следствием квантовой физики становится то, что прошлое больше не определяет будущее или определяет не полностью. Некоторые аспекты квантовой физики, в особенности такое странное явление, как *квантовая запутанность*¹, были подтверждены экспериментально, и эти (удивительные!) результаты экспериментов дают основание полагать, что ограниченная способность предсказывать будущие события навечно останется одним из фундаментальных слабых мест физики как науки.

В части IV, «Физика и реальность», я исследую пределы физики. Не беспокойтесь — время и *сейчас* не выходят за эти пределы. Они начинаются в физике, но наше восприятие их зависит от нашего же ощущения реальности, которое простирается за границы физики. Математика представляет собой реальный мир, который невозможно подтвердить физическими экспериментами. Даже такую простую вещь, как иррациональность $\sqrt{2}$. Но есть другие явления, вполне реальные и не относящиеся к области физики. Например, вопросы типа: *как выглядит голубой цвет?* Отрицание нефизических и нематематических истин было названо *физикализмом*². Он основан на вере и обладает всеми недостатками религии. К счастью, вопреки страстным надеждам Эйнштейна, современные доказательства подводят нас к тому, что физика — наука не полная, и она никогда не будет в состоянии описать всю нашу реальность.

В части V, «Сейчас», все детали сходятся в законченный пазл. Он дает объединенную картину того, что время течет, и раскрывает значение эфемерного момента, который мы называем *сейчас*. Решение кроется

¹ Квантовая запутанность — ситуация, при которой квантовые характеристики двух или более частиц оказываются связаны. *Прим. ред.*

² Физикализм — концепция логического позитивизма, разрабатываемая Карнапом, Нейратом и др. Сторонники физикализма считают критерием научности какого-либо положения из любой дисциплины возможность перевести его на язык физики. Положения, не поддающиеся такой операции, рассматриваются как лишённые научного смысла. *Прим. перев.*

в четырехмерном понимании Большого взрыва. Взрывы во Вселенной создают не только новое пространство, но и новое время. Передняя ближайшая к нам граница времени и есть то, что мы называем *сейчас*, а течение времени — постоянный процесс создания новых *сейчас*. Мы ощущаем каждый момент отличным от предшествующих, потому что он — единственный, в котором можно сделать выбор и испытать свободу воли, влияя на собственное будущее и изменяя его. Вопреки утверждениям классических философов, мы исходим из того, что свобода воли совместима с физикой. Те же, кто утверждает обратное, обрекают себя на веру в религию физикализма. Мы можем влиять на будущее, используя не только научное, но и ненаучное знание (сопереживание, добродетель, этические нормы, честность, справедливость).

Я исследую три возможные четырехмерные модели движения времени. Наблюдаемое сейчас ускорение расширения Вселенной, связанное с *темной энергией*¹, должно сопровождаться увеличением скорости течения времени. Эта теория предполагает, что нынешнее время бежит быстрее, чем прошлое. На основании этого можно решить, что произойдет новое и, возможно, наблюдаемое замедление времени, новое космологическое красное смещение. Это способно повлиять на наше представление о начале Большого взрыва и эре *инфляционной модели* Вселенной², то есть том периоде ее расширения, который мы можем исследовать, обнаруживая появившиеся во время взрыва гравитационные волны, а их уже опосредованно изучать на явлении вращения плоскости поляризации микроволнового излучения³.

Третья модель была задумана, когда в 2016 году международное исследовательское сообщество LIGO (Лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория) сообщило об обнаружении

¹ Темная энергия в космологии — вид энергии, введенный в математическую модель Вселенной ради объяснения ее наблюдаемого расширения с ускорением. *Прим. ред.*

² Инфляционная модель Вселенной — гипотеза о физическом состоянии и законе расширения Вселенной на ранней стадии Большого взрыва (при температуре выше 10^{28} К), предполагающая период ускоренного расширения по сравнению со стандартной моделью горячей Вселенной. *Прим. ред.*

³ Вращение плоскости поляризации света наблюдается при распространении линейно поляризованного света через оптически неактивное вещество, находящееся в магнитном поле (продольный магнитооптический эффект Фарадея). *Прим. ред.*

на своих установках уникального явления — слияния двух черных дыр. Такие события создают новое пространство во Вселенной, а также, в соответствии с теорией четырехмерного пространства-времени, и новое время. Это время течет медленнее, если последующие события масштабнее по размеру, ближе к нам и излучают более сильный сигнал.

Для тех, кто интересуется математикой, подробности теории относительности и ее математический аппарат показаны в приложениях.

Давайте приступим к сбору нашего пазла.

ЧАСТЬ I

УДИВИТЕЛЬНОЕ
ВРЕМЯ

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

ГЛАВА 1

ЗАПУТАННАЯ ТАЙНА

*Великие философы имели весьма разноречивые
и путанные представления о времени, но физика
дала надежду на то, что мы поймем его*

Время летит, как ветер;
Фрукты летят, как бананы.

Детская считалка

Вот вам факт о вас самих, который мало кто знает. Возможно, даже никто, кроме вас. Он состоит в том, что именно сейчас вы читаете эту книгу. Я могу быть даже более точным: именно сейчас вы читаете слово *сейчас*.

Более того, вы знаете, что это правда, хотя я об этом не знал и до сих пор не знаю. Вы читаете слово *сейчас* именно сейчас, а мне этот факт совершенно неизвестен, если только я не стою за вашей спиной и вы не указываете пальцем на те слова, которые прочитываете.

Сейчас — это очень простое и одновременно удивительное и таинственное понятие. Вы знаете, что оно означает, но его значение трудно объяснить без постоянного хождения по кругу. «*Сейчас* — это момент времени, который отделяет прошлое от будущего». Хорошо, а теперь попытайтесь дать определение прошлому и будущему, не используя слово *сейчас*. То, что вы подразумеваете под «прошлым» и «будущим», постоянно меняется. Только недавно чтение вами этого абзаца лежало в плоскости будущего. Сейчас большая часть этого события уже в прошлом.

Теперь уже весь абзац в прошлом (если только вы не пропускаете строчки). *Сейчас* относится ко вполне определенному времени. Но это время непрерывно меняется. Именно поэтому мы используем часы. Они сообщают нам цифры, связанные с *сейчас*. Цифры называют «настоящее», или «реальное» время. Часы обновляют его непрерывно, обычно ежесекундно. Движение времени неостановимо. Мы можем занимать одно и то же место в пространстве, но не во времени. Мы движемся во времени, но не контролируем этот процесс. Конечно, если только путешествия во времени не станут возможными.

Смысл *сейчас* — одна из многих тайн, заключенных в этом странном явлении, которое называется временем. Замечательно, что сегодня мы так много знаем о нем, особенно благодаря причудливым и сверхъестественным понятиям, связанным с теорией относительности Эйнштейна. Но настолько же очевидно и то, что мы так мало знаем о фундаментальных характеристиках времени: что это вообще такое и как оно связано с окружающей нас реальностью. Эта книга — о времени. О том, что мы о нем знаем и чего не знаем.

Течет ли время? В 5 часов 12 минут утра 18 апреля 1906 года в Сан-Франциско произошло страшное землетрясение. Время этого природного катаклизма не изменилось; вы можете прочесть о нем в «Википедии». То, что течет, движется, — это наше понимание *сейчас*. *Сейчас* движется, изменяется и продвигается во времени.

Или, может быть, имеет больший смысл говорить, что время течет мимо этого *сейчас*. Вообще описать смысл слова «движение» довольно трудно. Говоря, что движется автомобиль, мы замечаем его положение в один момент времени и затем — в другой момент времени. Скорость движения машины будет определяться делением расстояния на время, которое заняло его покрытие. Например, это может быть столько-то миль в час. Такой подход к описанию *сейчас* никуда не годится. *Сейчас* — это именно сейчас. Остановитесь на секунду, и *сейчас* останется именно сейчас. Разве это *сейчас* движется? Да, ход времени иллюстрируется тем обстоятельством, что значение *сейчас* постоянно меняется. С какой же скоростью движется время? Со скоростью секунда в секунду.

Есть еще третий взгляд. Он состоит в том, что каждый момент генерируется новое время, и именно это вновь возникшее время — то самое

сейчас. Лежат ли в основе этих взглядов философские либо физические различия? Можно ли свободно выбрать один из них или в том или ином больше истины и смысла, чем в других? Этот вопрос мы также исследуем на страницах книги.

Давайте предположим, что время остановилось. Вы заметите это? Каким образом? Или, например, оно унеслось скачками вперед или изменило скорость своего движения каким-то другим образом. Сможете обнаружить разницу? Это, пожалуй, нелегко; по крайней мере, если бы вы использовали то изображение времени, которое часто встречается в кинематографе. Например, в фильмах «Темный город»¹, «Клик: с пультом по жизни»², «Интерстеллар»³ или «Лара Крофт: расхитительница гробниц»⁴. Восприятие нами момента *сейчас*, судя по всему, определяется количеством миллисекунд, необходимых для того, чтобы наши глаз, ухо или кончики пальцев послали в мозг сигнал, который он заметит, запечатлеет и запомнит. Для человеческого существа это несколько десятых секунды, для мухи — несколько тысячных секунды. Кстати, поэтому так трудно ловить мух. Для мухи ваша рука приближается словно в замедленной съемке, совсем как в фильме «Останавливающие время»⁵.

Скорость течения времени вопрос не только научной фантастики. Теория относительности дает некоторые вполне определенные примеры

¹ «Темный город» — драма, США, 1998 г. Убийцу, не помнящего имени и прошлого, преследует полицейский Фрэнк Бастед. Его ищут жена, чужаки, а он пытается разобраться в происходящем. *Прим. ред.*

² «Клик: с пультом по жизни» — комедийная драма, США, 2006 г. Архитектору попадает в руки пульт ДУ, с помощью которого можно прокручивать жизнь вперед или назад. Но однажды пульт начинает управлять скоростью и выбором момента жизни. Герой понимает, как неверно использовал время. *Прим. ред.*

³ «Интерстеллар» — научно-фантастический фильм, США, 2014 г. Засуха приводит к продовольственному кризису; группа исследователей отправляется сквозь червоточину пространства-времени, чтобы узнать, как переселить человечество на другую планету. *Прим. ред.*

⁴ «Лара Крофт: расхитительница гробниц» — фильм, США, 2001 г. Экранизация серии компьютерных игр Tomb Raider, посвященных археологу и искательнице приключений Ларе Крофт. *Прим. ред.*

⁵ «Останавливающие время» — фантастический фильм, США, 2002 г. Молодой человек находит часы, которые дают возможность повысить скорость восприятия мира в 25 раз. С этим и связаны приключения. *Прим. ред.*

этого, скажем, в *парадоксе о близнецах*¹. Тот близнец, который путешествует в пространстве со скоростью, близкой к скорости света, испытает более медленное течение времени, чем его брат, оставшийся на Земле. Оба одинаково ощутят течение времени, но его скорость для каждого будет разная. Ниже мы изучим этот странный парадокс детальнее.

Надежда на эвентуальное (возможное при соответствующих условиях, обстоятельствах. *Прим. ред.*) понимание *сейчас* основывается на том гигантском прогрессе, который сделала физика в XX веке. Но сейчас давайте вернемся в прошлое, чтобы взглянуть на сложности, с которыми сталкивались в этом вопросе древние.

Не поддающееся описанию *сейчас*

Труд Аристотеля под названием «Физика»² доминировал в науке вплоть до Возрождения. Это была научная библия средневековой католической церкви. Отрицание некоторых положений Аристотеля привело Галилея к суду инквизиции. Четыре части своей «Физики» автор посвятил разбору идей о времени и *сейчас* и в результате сам оказался совершенно сбитым с толку. Он писал:

«Сейчас» не часть чего-то, поскольку часть есть мера целого, которое должно состоять из частей. Время же нельзя себе представить состоящим из многих «сейчас». Кроме того, «сейчас», которое кажется связывающим прошлое и будущее, — остается ли всегда одним и тем же или все время становится другим? Трудно ответить. Если оно все время другое и другое, и если разные части времени не одновременны (если только одна не содержит другую, а другая не содержится в первой, как более короткое время содержится в более длинном), и если «сейчас», которого нет, но которое существовало в прошлом и прекратило свое существование, то многие «сейчас» не могут существовать

¹ Парадокс близнецов (парадокс Ланжевена, парадокс часов) — первый и наиболее известный парадокс специальной теории относительности, основанный на тезисе, сформулированном Эйнштейном в работе «К электродинамике движущихся тел». Статус «парадокс» появился позднее. *Прим. ред.*

² Аристотель. Физика. М.: КомКнига, 2016. *Прим. ред.*

одновременно с другими, а предшествующее «сейчас» всегда должно прекращать свое существование¹.

Глубоки эти мысли или просто запутанны? Пытаясь быть точным в отношении *сейчас*, Аристотель запутывается в собственных словах. Мы до известной степени можем успокаивать себя тем, что даже такой почитаемый мыслитель находил этот вопрос непостижимым.

Блаженный Августин² в своей «Исповеди»³ жаловался на неспособность понять, что такое течение времени. Он писал:

Что есть время? Если никто не спрашивает меня об этом, я знаю ответ; если я хочу объяснить это, то ничего не знаю.

Это сетование, написанное в V веке до н. э., отзывается и в нашем, XXI веке. Да, мы *знаем*, что представляет собой время. Так почему же не можем описать его? Каким тогда знанием о времени мы располагаем?

Загадка Августина частично проистекает из его утверждения о том, что Бог всемогущ, всеведущ и вездесущ. Из этого следует удивительное дополнительное заключение: Бог должен быть *безвременен*. Эта замечательная мысль подготовила основу для современной физики, описывающей поведение вещей пространственно-временными диаграммами, в которых ничего не сообщается о том, что время течет или что *сейчас* существует.

Для человека, говорит Августин, нет прошлого или будущего, а есть только три *настоящих*: «настоящее прошлых вещей, то есть память; настоящее существующих вещей — зрение; и настоящее вещей будущих — ожидание». (Не воодушевило ли это утверждение Диккенса на его «Рождественскую песнь в прозе: святочный рассказ с привидениями»⁴?) Однако в других словах Августина сквозит неудовлетворенность таким объяснением. Он говорит: «Мое сердце жаждет раскрыть эту самую запутанную загадку».

¹ Aristotle, Physics, trans. R. P. Hardie and R. K. Gaye, Internet Classics Archive.

² Аврелий Августин (354–430) — христианский богослов и философ, влиятельнейший проповедник, епископ Гиппонский, один из отцов христианской церкви. *Прим. перев.*

³ Блаженный Августин. Исповедь. СПб.: Благовест, 2014. *Прим. ред.*

⁴ Диккенс, Ч. Рождественская песнь в прозе. М.: Клевер-Медиа-Групп, 2016. *Прим. ред.*



[Почитать описание, рецензии
и купить на сайте](#)

Лучшие цитаты из книг, бесплатные главы и новинки:

