

ХАЙНО ФАЛЬКЕ

ПРИ УЧАСТИИ ЙОРГА РЕМЕРА

СВЕТ ВО ТЬМЕ

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ,
ВСЕЛЕННАЯ И МЫ



КНИГИ ПОЛИТЕХА

Хайно Фальке
Свет во тьме. Черные
дыры, Вселенная и мы
Серия «Книги Политеха»

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=69970999

Свет во тьме. Черные дыры, Вселенная и мы:

ISBN 978-5-17-134496-2

Аннотация

В апреле 2019 года около четырех миллиардов человек по всему миру смогли увидеть первое в истории изображение черной дыры (55 миллионов световых лет от Земли, центр галактики М87). Хайно Фальке, возглавлявший международную команду исследователей, и научный журналист Йорг Рёмер написали книгу о том, что предшествовало рождению этого изображения. Читатель “Света во тьме” узнает, как группа ученых-энтузиастов сначала убедила распределителей ресурсов (денег, радиотелескопов, мощных компьютеров) выделить на задуманный проект достаточное их количество, а затем провела наблюдения, проанализировала данные и получила долгожданное изображение. “Мифическое существо космических размеров обрело форму и цвет, и каждый человек смог его увидеть”, – подытоживает Фальке. Он занимался этим проектом более двадцати лет, и его, верующего христианина, пастора-мирянина,

не пугало, что многие именуют черные дыры "вратами ада", ведь цель науки – раздвигать границы неизведанного.

В формате PDF A4 сохранен издательский макет книги.

Содержание

Предисловие	6
Введение	10
Об этой книге	17
Часть I	19
1	21
2	43
Конец ознакомительного фрагмента.	61

Хайно Фальке, Йорг Рёмер

Свет во тьме. Черные дыры, Вселенная и мы

© 2020 Klett-Cotta – J.G. Cotta'sche Buchhandlung
Nachfolger GmbH, Stuttgart

Russian edition published by arrangement with Michael Gaeb
Literary Agency

© И. Каганова, Т. Лисовская, перевод на русский язык,
2024

© А. Бондаренко, Д. Черногаев, художественное оформление
серии 2024

© ООО “Издательство АСТ”, 2024

Издательство CORPUS ®

Предисловие

Публикация в апреле 2019 года изображения огромной черной дыры в центре далекой галактики по праву привлекла огромное внимание и вызвала всеобщий интерес. В книге рассказывается история появления этого изображения. Сначала собралась группа ученых-астрономов, к которой присоединились специалисты по радиотелескопам, приемникам радиоизлучения и обработке данных. Затем они убедили распределителей ресурсов (денег, радиотелескопов, вычислительной техники) выделить на этот проект достаточное их количество. И, наконец, провели наблюдения, проанализировали данные и получили изображение. Эта история написана одним из главных участников проекта, который очень долго был в него вовлечен и занимался им изо дня в день в течение примерно двадцати лет.

Я сама участвовала в нескольких международных проектах и считаю известное высказывание о том, что сложность проекта возрастает пропорционально кубу числа участников, довольно точным. Разные подходы к отчетности, разный опыт, разные языки, разные взгляды и разные цели – все это гарантирует неопытному руководителю большие проблемы! Итогом данного проекта стала статья за подписью 348 авторов. Наблюдения и анализ данных проводились в восьми обсерваториях, расположенных на четырех континентах. Осу-

существование проекта такого масштаба с участием многочисленных общепризнанных “звезд” – само по себе потрясающее достижение!

Те из нас, кто работал в области рентгеновской астрономии в 1970-е и 1980-е годы, довольно быстро признали существование черных дыр. Но это были черные дыры звездной массы – крошечной по сравнению с массой черных дыр, находящихся в центрах галактик. Допустить существование этих черных дыр-гигантов, допустить, что связанная с ними физика верна, оказалось непросто – это был крупный шаг вперед. Прожив около 50 лет с этими “зверями”, я не очень поняла, почему возник такой ажиотаж вокруг получения изображения черной дыры в центре галактики М87. Но я была восхищена тем, что оказалось возможным собрать и организовать совместную работу такой большой группы ученых и специалистов в смежных областях для получения этого изображения!

Странности черных дыр (даже если они еще так не назывались) завораживали нас уже давно. Вспомним, например, книгу К. С. Льюиса “Лев, колдунья и платяной шкаф”. Платяной шкаф – это то, что мы сейчас назвали бы пространственно-временным мостом, по которому дети переходят в другой мир и оказываются в другом времени года и в другом времени суток. Пространственно-временные мосты могли бы образоваться, если бы черная дыра (которая все поглощает) оказалась связанной с белой дырой (которая

только излучает). Такая связь была названа Джоном Уилером “кротовой норой”. В книге Алана Гарнера “Земля костей” (*Boneland*, 2012), действие которой происходит недалеко от радиотелескопа обсерватории Джодрелл-Бэнк, также описываются удивительные искажения пространства и времени, хотя явно там черные дыры и не упоминаются. Вообще книг, объясняющих свойства черных дыр, было написано множество.

Будучи астрофизиком, нельзя не задавать себе глобальные вопросы, такие как: почему и каким образом была создана Вселенная, существуют ли другие вселенные и что будет после смерти нашей Вселенной? Зияющая пасть черной дыры напоминает нам, что Вселенная – не слишком уютное место и в ней таятся экзистенциальные угрозы. Однако сиюминутные проблемы, обязательства и другие вполне земные дела отвлекают нас от размышлений над этими вопросами. У нас много хлопот, и потому эти абстрактные проблемы не задерживаются в наших головах надолго.

Похоже, Вселенная старается помешать точному ее описанию и полному пониманию; такое впечатление, что на вопросы типа “откуда мы взялись?” или “почему все это все-таки возникло?” вообще нет научного ответа. Кто-то из нас верит в Бога, кто-то нет. Некоторые из нас христиане, кто-то принадлежит к другим конфессиям, а кое-кто вообще не верит во Всевышнего. Тем не менее мне кажется, что и в своем понимании устройства мира, и в системе убеждений, и в

теологических теориях мы в конечном итоге подходим к той черте, когда нам придется сказать: “Мы этого не знаем или не понимаем”. Мы продолжаем жить и работать, потому что должны это делать, – причем стараемся делать это как можно лучше. Кому-то из нас комфортнее существовать в условиях неопределенности, неполноты и некоторого хаоса, другие же ощущают от этого дискомфорт.

Фальке излагает свой взгляд на подобные экзистенциальные проблемы в IV части своей книги, и меня восхищает то, что он посчитал необходимым заговорить об этом. Причем, вероятно, сделал он это не столько для нас, сколько для себя самого! Система убеждений до некоторой степени поддается “настройке”, и мы можем подстраивать ее (и делаем это) под себя и свои конкретные задачи.

Эта книга легко читается, она очень лирична – чувствуется, что автор влюблен в нашу дивную, непостижимую Вселенную.

Джоселин Белл Бёрнелл

Введение

А ведь мы действительно можем их увидеть

В большом пресс-центре Европейской комиссии со штаб-квартирой в Брюсселе гаснет свет. Момент, которого мы так долго ждали, ради которого все мы до изнеможения работали много лет, наконец наступил. Была суббота 10 апреля 2019 года, 15 часов 6 минут и 20 секунд. Еще 40 секунд – и жителей Земли изумит и восхитит вид первого изображения гигантской черной дыры. Она расположена на расстоянии 55 миллионов световых лет от Земли, в центре галактики Мессье 87 (или сокращенно М87). Долгое время считалось, что абсолютно темные черные дыры останутся полностью и навечно спрятанными от наших глаз, но сегодня они впервые выйдут из тьмы и мы увидим их в ярком дневном свете.

Пресс-конференция началась, но мы до сих пор не имели ни малейшего представления о том, куда это все нас приведет. Тысячелетний путь человечества к открытиям, исследования, проводимые на самых границах неизведанного, революционные теории пространства-времени, новейшие технологии, работа новых поколений радиоастрономов и вся моя жизнь как ученого... Сегодня все это должно соединиться воедино и воплотиться в уникальном изображении черной

дыры. Астрономы, ученые, журналисты и политики заворуженно ожидали, что же именно мы здесь – в Брюсселе и других мировых столицах – собираемся открыть. Только позже я узнаю, что миллионы людей во всем мире в эту минуту прильнули к своим экранам и что в течение следующих нескольких часов “наше изображение” увидело около четырех миллиардов человек.

В первом ряду в помещении пресс-центра сидели именитые коллеги и молодые ученые, многие из которых были моими студентами. Долгие годы мы тесно сотрудничали. Все они трудились на пределе своих возможностей, с такой отдачей, которую ни они, ни я не могли себе прежде даже вообразить. Многие из них отправлялись в самые отдаленные уголки мира, иногда с риском для жизни, – и все ради одной цели. И вот сегодня они сидят в темноте, наблюдая, как достигнутый ими успешный результат – кульминация их работы – становится центром всеобщего внимания. Мне хочется поблагодарить их прямо сейчас, потому что каждый из них и все они вместе помогли осуществить этот прорыв.

Но часы продолжают тикать. Мне кажется, что я мчусь в спорткаре в туннеле и мимо меня со скоростью ветра проносятся картины – одна за другой. Я и не заметил, как кто-то в третьем ряду направил на меня камеру телефона. (Клип, снятый им, появился позже на популярном сайте для детей в рубрике “актуальная тема”, втиснутый между вульгарными шутками про зад президента и последним синглом извест-

ного певца.) Журналисты были напряжены и взбудоражены, да я и сам здорово разволновался: в глазах присутствующих читалось нетерпеливое ожидание. Мой пульс участился. Все взгляды были направлены на меня.

Карлос Моэдаш, европейский комиссар по науке, выступал первым. Мы попросили его не говорить долго. Моэдаш разжег любопытство аудитории своими комментариями, но закончил слишком рано. Чтобы заполнить время, мне пришлось импровизировать, и при этом я всячески пытался не показать, насколько я взвинчен.

Это наше первое изображение черной дыры должно было одновременно открыться во всех уголках мира. Точно в 15 часов 7 минут по центральноевропейскому времени изображение черной дыры должно было появиться на гигантском экране здесь, в зале пресс-центра. В тот же самый момент мои коллеги в Вашингтоне, Токио, Сантьяго де Чили, Шанхае и Тайбэе продемонстрируют это изображение, прокомментируют его и ответят на вопросы журналистов. Компьютерные серверы на всех континентах были запрограммированы так, чтобы разослать научные статьи и пресс-релизы по всем странам. Время текло неумолимо. Мы скоординировали и распланировали все заранее с предельной точностью – небольшие отклонения привели бы к сбоям. Точно такая же предельная координация требовалась при сборе данных наблюдений. Я произношу несколько вступительных слов и... спотыкаюсь прямо на старте.

Тем временем за моей спиной кадры сменяются все быстрее, мы все глубже продвигаемся к центру галактики. Я начинаю с глупой оговорки – путаю световые годы с километрами, что непростительно для астронома, но времени для рефлексии сейчас нет: я должен продолжать.

Часы на дисплее продолжают тикать – уже ровно 15:07. Из глубин бесконечной темноты пространства, из центра галактики Мессье 87 появляется сияющее красное кольцо. Его контуры едва видимы на экране, они слегка размыты... кольцо светится. Все присутствующие в зале подпадают под его чары, возникает чувство, что это изображение, которое, казалось, невозможно получить, наконец пробило себе дорогу к нам, на Землю, с помощью радиоволн, проделавших путь в 500 квинтильонов километров.

Сверхмассивные черные дыры – это космические кладбища. Они образуются из угасающих, выгоревших и мертвых звезд. Но космос подкармливает их гигантскими газовыми туманностями, планетами и другими звездами. В силу своей огромной массы они сильнейшим образом искажают пустое пространство вокруг себя и, по-видимому, способны остановить даже течение времени. Все, что приближается к черной дыре слишком близко, никогда не сможет вырваться из ее объятий – даже лучам света не удастся выскользнуть оттуда.

Но как мы можем увидеть черные дыры, если свет изнутри до нас не доходит? Как мы узнаем, что эта черная дыра, массой в 6,5 миллиарда Солнц, была сжата в одну точку и

в конце концов стала супермассивной? И что за светящееся кольцо окружает абсолютную тьму в его центре – тьму, из которой не могут вырваться ни свет, ни какая-либо информация?

“Перед вами первое в истории изображение черной дыры”, – говорю я, как только это изображение во всей своей красе появляется на экране, – и зал разражается аплодисментами¹. Вся накопленная за последние годы усталость спадает с моих плеч. Я чувствую себя свободным – тайна наконец-то раскрыта. Мифическое существо космических размеров обрело форму и цвет, и каждый человек смог его увидеть².

На следующий день газеты сообщат, что мы вписали страницу в историю науки и предоставили человечеству возможность почувствовать радость и удивление. Оказалось, что они действительно существуют, эти сверхмассивные черные дыры! Они – не просто фантазии, придуманные безумными авторами научно-фантастических романов.

Это изображение стало возможным получить только потому, что люди в разных уголках мира – несмотря на все наши проблемы и все наши различия – посвятили годы достижению общей цели. Мы все хотели разгадать одну из самых

¹ Прямая трансляция конференции в Брюсселе: <https://youtu.be/Dr20f19czeE>. Пресс-релиз ESO: <https://www.eso.org/public/germany/news/eso1907>. Запись зум-конференции по черным дырам: <https://www.eso.org/public/germany/videos/eso1907c>. Пресс-конференция Nsf: <https://www.youtube.com/watch?v=lnJi0Jy692w>.

² См. фото на цветной вкладке: рис. 1.

больших загадок физики, выследив черную дыру. Это изображение привело нас к самым границам нашего познания. Как бы спорно это ни звучало, наша способность измерять и изучать заканчивается на границах черной дыры, и большой вопрос, сможем ли мы когда-нибудь зайти за эту границу.

Эта новая глава в физике и астрономии была открыта предыдущим поколением ученых. Двадцать лет назад мысль о получении изображения черной дыры еще считалась несбыточной мечтой, но я загорелся этой идеей и решил, будучи молодым ученым, охотившимся за черными дырами, отправиться на поиски приключений. И по сей день я не могу думать об этом без восторга.

Я тогда и представить не мог, насколько захватывающими окажутся мои поиски и как изменят они течение моей жизни. Это было путешествие к началу пространства и времени, путешествие к сердцам миллионов людей, хотя сам я осознал это последним. Весь мир помогал нам получить заветное изображение. Теперь мы делились им с миром, и мир реагировал на него очень, просто невообразимо, горячо.

Для меня все началось почти пятьдесят лет назад. С тех пор, как я в детстве впервые взглянул в ночное небо, я стал мечтать о небесах так, как может мечтать только ребенок. Астрономия – одна из самых древних и самых увлекательных областей науки, и даже сегодня она постоянно дарит нам потрясающие новые открытия. С момента зарождения астрономии и до наших дней астрономы, движимые любопыт-

ством и чувством долга, то и дело коренным образом меняли наш взгляд на мир. Сегодня мы исследуем Вселенную с помощью своего интеллекта, используя аппарат математики, физики и все более сложные телескопы. Вооружившись самой современной техникой, мы отправляемся в экспедиции на край земли и даже в космос, чтобы изучать неизведанное. В бездонных просторах космического пространства, в бесконечной Вселенной и в божественном космосе знания и мифы, вера и суеверия всегда были так тесно переплетены, что сегодня ни один человек не может взглянуть в ночное небо, не спросив себя: что еще ожидает нас в этой темной бездне?

Об этой книге

Эта книга – своего рода приглашение совершить со мной персональную экскурсию по нашей Вселенной. Мы стартуем на Земле, пролетаем Луну и Солнце, благодаря которому у нас сменяются сезоны, дни и годы, минуем другие планеты, погружаемся в историю астрономии, которая продолжает формировать наше нынешнее восприятие мира (часть I). Часть II книги представляет собой рассказ о развитии современной астрономии. Пространство и время становятся относительными. Звезды рождаются, умирают, а иногда превращаются в черные дыры. Наконец мы покидаем наш Млечный Путь, летим дальше и видим перед собой невообразимо большую Вселенную, изобилующую галактиками и исполинскими черными дырами. Галактики рассказывают нам о начале пространства и времени и о Большом взрыве, а черные дыры – о конце времени.

Первое полученное изображение черной дыры было важным научным достижением. Сотни ученых работали вместе многие годы, и их общие усилия увенчались успехом. В конечном итоге наш проект из фантастической идеи превратился в масштабный эксперимент. О моем собственном опыте участия в этом приключении я рассказываю в части III. Это и захватывающие дух экспедиции на радиотелескопы, разбросанные по всему миру, и выматывающая нервная ра-

бота, и ожидание, и – в конце концов – получение изображения.

В заключительной же части IV я осмеливаюсь задать несколько важных вопросов, на которые ученые до сих пор ищут ответы. Черные дыры – это конец? Что происходило до начала пространства и времени, и что произойдет в конце? И что это понимание дает нам – маленьким *Homo sapiens*, обитающим на ничем не примечательной, но удивительной планете Земля? Значат ли грандиозные успехи естественных наук то, что вскоре мы сможем узнать, измерить и предсказать все на свете? Останется ли тогда еще место для неопределенности, надежд, сомнений и Бога?

Часть I

Путешествие сквозь пространство и время

Краткое описание нашей Солнечной системы и первые шаги астрономии

Обратный отсчет

Давайте вместе отправимся в увлекательное путешествие по пространству и времени – и начнем с Земли. Представьте такую картину: зеленая лужайка, а над ней возвышается ракета. Птицы растерянно выются вокруг этого шедевра инженерной мысли. Зрелище впечатляющее. Стоит зловещая, как перед бурей, тишина. Только-только рассветает... тьма над стартовой площадкой медленно рассеивается. Природа еще и не подозревает о том аде, который начнется всего через несколько секунд.

Усталые и взволнованные сотрудники и зрители собираются на обзорной площадке. Отсюда каждый предмет, каждый человек – да и вообще вся сцена – кажутся игрушечны-

ми, как будто дело происходит в кукольном театре. Один из гостей достает телефон и начинает трансляцию события на веб-сайте – с титрами, написанными китайскими иероглифами, и вспыхивающими логотипами. Это тот самый стрим, который я смотрю онлайн, сидя в уютном номере небольшой гостиницы, расположенной в зеленой ирландской деревушке на другой стороне Земли. Я полон надежд и с замиранием сердца наблюдаю за разворачивающимися событиями.

Внезапно где-то за кадром раздается громкий голос. От звука этой прерывистой и невнятной, с металлическим оттенком речи по коже начинают бегать мурашки. Голос монотонно ведет обратный отсчет, и хотя он говорит на языке, которого я не понимаю, я считаю вместе с ним. Раздается грохот, и одновременно у основания ракеты вспыхивает и озаряет темноту красновато-желтый свет. Включенный ракетный двигатель производит оглушительный рев, слышный даже здесь, в идиллической Ирландии, хотя звук издает только мой ноутбук. Земля сотрясается, опоры ракеты отклоняются, она отрывается от стартовой площадки и величественно поднимается к небу, оставляя за собой ослепительный след горячих газов... и вот наконец, устремившись в космос, она исчезает из поля зрения – как хвостатая комета, решившая вернуться обратно на небосвод.

1

Человечество, Земля и Луна

Мне казалось, будто я снова наблюдаю старт шаттла “Дискавери”. Тогда, ранним утром 11 февраля 1997 года, мне вместе с моей усталой, но воодушевленной семьей довелось присутствовать при запуске на мысе Канаверал. До сих пор я вспоминаю гордое выражение лица моей четырехлетней дочери, смотревшей издалека на направленную в небо ракету. В блеске ее глаз я увидел отблеск глаз собственных.

Двадцать один год спустя, 20 мая 2018 года, я наблюдаю всего лишь то и дело прерывающуюся прямую трансляцию из Китая. Но я точно знаю, каково это – присутствовать там сейчас. Вдобавок этот запуск совершенно особенный: ракета словно бы уносит на борту частичку меня – ведь она должна провести эксперимент, подготовленный моей командой в голландском Неймегене. Я снова чувствую себя ребенком. У ракеты особая цель: обратная сторона Луны.

Мысленно я лечу вместе с ней на Луну... и еще гораздо, гораздо дальше, как я делал много раз прежде, – лечу туда, куда меня всегда страстно тянуло: в открытый космос.

За пределами Земли

Небесный покой. Первое, что вы замечаете, когда оказываетесь в космическом пространстве, – это абсолютная тишина. Двигатели выключены, во внешнем пространстве все звуки затухают. Космический телескоп “Хаббл” достиг высоты 550 километров над поверхностью Земли – высоты, почти в 70 раз превышающей высоту горы Эверест. Телескоп теперь летит в атмосфере, примерно в 5 миллионов раз более разреженной, чем атмосфера на поверхности Земли³. Звуковые волны (то есть вибрации воздуха) человеческим ухом здесь не воспринимаются: ни шорохи, ни слова... даже самые мощные взрывы на Земле услышать тут нельзя.

В своей работе астронома я использую космические телескопы, обращающиеся вокруг Земли, слушаю истории, которые рассказывают побывавшие на орбите космонавты, и разглядываю изображения, которые они привозят на Землю. В своем воображении я тихо плыву в космосе, ощущая себя невесомым, – но в действительности несусь вокруг Земли с головокружительной скоростью 27 000 километров в час.

³ Плотность воздуха на низких околоземных орбитах составляет 5×10^{-9} г/см³, а нормальная плотность воздуха на Земле составляет 1,204 кг/м³ (10–3 г/см³): Kh. I. Khalil and S. W. Samwel. *Effect of Air Drag Force on Low Earth Orbit Satellites During Maximum and Minimum Solar Activity*. // Space Research Journal 9 (2016): 1–9. <https://scialert.net/fulltext/?doi=srj.2016.1.9>.

Мощная центробежная сила, возникающая при такой скорости, казалось бы, может вытолкнуть меня с орбиты, но мощное земное притяжение уравнивает эту силу и удерживает меня там. В этом заключается секрет орбитального движения вокруг всех небесных объектов. Невесомость не означает, что вы освободились от притяжения Земли. На орбите гравитация все еще держит нас железной хваткой, но мы чувствуем себя невесомыми, потому что центробежная сила и сила тяжести полностью уравнивают друг друга. На самом деле мы находимся в состоянии свободного падения, но снова и снова не падаем на Землю, поскольку все время остаемся на удаленной траектории, так точно очерченной, что кажется, будто она была нарисована с помощью гигантского циркуля. Если бы мы замедлялись, наша траектория становилась бы все короче и ближе к Земле, пока в конце концов наше свободное падение не закончилось бы резким ударом, от которого в месте падения образовался бы кратер. Но, конечно, никто из нас такого бы не захотел!

Небольшое трение об атмосферу, с которым приходится сталкиваться нашему “космическому кораблю”, настолько мало, что мы можем обращаться вокруг Земли в течение многих лет практически беспрепятственно⁴, ни разу не

⁴ Ethan Siegel. *The Hubble Space Telescope Is Falling*. // Starts with a Bang. Forbes, October 18, 2017. <https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2017/10/18/the-hubble-space-telescope-is-falling/#71ac8b1b7f04>. Mike Wall. *How Will the Hubble Space Telescope Die?* // Space.com, April 24, 2015. <https://www.space.com/29206-how-will-hubble-space-telescope-die.html>.

включив наш ракетный двигатель.

Совершая орбитальное движение, мы можем наслаждаться уникальным видом Земли, взирая сверху, подобно богам, на эту голубую жемчужину, сверкающую на черном бархате Вселенной. Континенты, облака и океаны образуют роскошную картину, написанную буйными красками. Ночью всю сцену освещают вспышки молний, сияющие города и мерцающие полярные сияния – поистине захватывающее зрелище! Государственные границы исчезают, и мы воспринимаем Землю как общий дом всего человечества. Линия, отделяющая нас от холодного космоса, ясная и резкая. Только отсюда, с высоты, мы понимаем, насколько тонок слой воздуха, который защищает нас от враждебного космоса и делает возможной жизнь. Погода и климат – понятия, имеющие смысл всего лишь в нешироком слое над Землей. До чего же хрупкой и уязвимой кажется наша гордая планета! Этими поразительными зрелищами и открытиями в космосе люди обязаны современным технологиям, но из-за их безрассудного использования мы сами разрушаем основу нашей жизни на уникальной голубой планете под названием Земля.

Каждый раз, когда я вижу все эти прекрасные изображения, я, помимо прочего, ощущаю одиночество и пустоту, боль и страдание, которыми наполнен наш мир. “Распростёр Он север над пустотой, ни на чем Он подвесил Землю”, – так восклицал убитый горем Иов тысячелетия назад⁵. Пустота

⁵ Иов: 26:7 (Библия короля Иакова).

неба, расстилающаяся, как черное полотно, а посередине – наша планета Земля! Тому, кто написал библейский текст, не был дарован этот взгляд сверху, а между тем в своих видениях он уже воспринимал Землю как единое целое. Старые представления человечества сегодня наполняются новыми образами, ставшими доступными нам благодаря современным технологиям. Рои спутников с камерами и датчиками, постоянно направленными на нашу планету, передают изображения облаков, континентов и океанов во всех их захватывающих дух деталях.

Иов, увидев, что Земля висит ни на чем, посетовал на это Богу. Глубоко человеческое чувство, переживаемое Иовом, это бессмысленное страдание. И страдания и красота по-прежнему сосуществуют на нашей планете. Отдельного человека невозможно разглядеть из космоса. Страдание можно понять только вблизи, а издали все на Земле кажется величественным и необыкновенно красивым. Даже ураганы, наводнения и лесные пожары приобретают мрачное очарование, если смотреть на них с высоты. В космосе вы удалены от страданий, которые испытывают миллиарды людей внизу, и потому земные проблемы представляются непонятными. Так не выпускает ли этот “всеохватывающий взгляд” из поля своего зрения самого человека?

Совершенно поразительно то влияние, какое может оказать даже на закаленных космических путешественников выполнение чисто технических исследовательских про-

грамм. С тех пор как в 1961 году первым космонавтом стал Юрий Гагарин, в космосе побывало более 550 человек⁶. Почти все они рассказали, что невероятная хрупкость Земли произвела на них глубочайшее впечатление и коренным образом изменила их личность. Процесс созерцания земного шара как единого целого оказывается сродни экстатическому состоянию. Психолог Фрэнк Уайт, который изучал этот феномен и подробно описал его, использовал термин “обзорный эффект”. Какой эмоциональный отклик вызывает в нас вид планеты? Как это нас меняет? Как мы можем использовать этот эффект? Врачи исследуют его с тех пор, как он был впервые описан. Земля уникальна, и, насколько нам на сегодняшний день известно, в космосе нет ничего сравнимого с ней. У космонавтов создается такое же впечатление. Ощущение, что ты паришь над Землей, как ангел, и видишь все сверху, не может оставить нас, людей, равнодушными. Поэтому, вдохновляясь новыми видами космоса – и из космоса, – мы не должны отстраняться от проблем людей.

Время относительно

Как только мы попадаем на орбиту, наше представление о пространстве и времени меняется. Мы не просто по-другому видим нашу родную планету – Землю, но меняется и наше

⁶ По данным на август 2023 г. – более 630. См. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_space_travellers_by_first_flight. – Прим. науч. ред.

восприятие течения дней, месяцев и лет. “Ибо тысяча лет в глазах твоих подобна только что прошедшему дню”⁷, как говорится в одном из известных псалмов. Время относительно. Люди подозревали об этом с незапамятных времен, но нигде мы не ощущаем это так ясно, как в открытом космосе.

Когда я писал свою первую программу наблюдений для космического телескопа “Хаббл”, мне пришлось разделить последовательности команд на 95-минутные блоки, потому что именно столько времени требовалось телескопу для обращения вокруг Земли. На его орбите Солнце восходит и заходит каждые 95 минут. Для телескопа сутки делятся на 95 минут, и астронавты на Международной космической станции также наблюдают восходы Солнца каждые 95 минут. Я видел это в своем компьютере, готовя программу наблюдений и мысленно путешествуя по Вселенной.

Но относительность времени означает нечто большее, чем просто иная длина дня. В космосе часы идут не так, как на Земле, хотя вряд ли кто-то думает, что это возможно. На орбите высотой 20 000 километров над Землей они за день убегают на 39 микросекунд. И, следовательно, за 70 лет наши земные часы отстанут от наших космических часов на одну секунду. Кажется, что это не так уж и много, и все же у нас сегодня нет проблем с тем, чтобы измерить эту представляющуюся ничтожной разницу, – разницу, которая является ключевым аспектом общей теории относительности Аль-

⁷ Псалмы 90:4 (Библия короля Иакова).

берта Эйнштейна: время действительно относительно. Эта теория описывает не только нашу Солнечную систему, но и черные дыры, и пространственно-временную ткань всей Вселенной.

Путь к открытию был необычайно долог. В широком смысле он начался с фундаментальных открытий, таких как открытие строения нашей Солнечной системы и законов, которые ею управляют, а также с изучения структуры и законов всего космоса. В узком же смысле он начался с того, что мы поняли парадоксальную вещь: свет ведет себя и как волна, и как частица, – и это его свойство непосредственно связано со знаменитой специальной теорией относительности Эйнштейна.

Можно сказать, что глубокое понимание замечательных свойств света явилось ключом ко всему. Более прочего поражает здесь то, что свет не только дает нам возможность видеть все вокруг, позволяя, в частности, исследовать Землю, Луну и звезды, но еще и теснейшим образом связан со временем, пространством и гравитацией.

Давайте обратимся к истории современной физики. Для Исаака Ньютона – автора теории тяготения – свет состоял из маленьких корпускул, то есть мельчайших частиц. Позже, в XIX веке, шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл, взяв за основу блестящую революционную работу Майкла Фарадея, доказал, что свет и все другие формы излучения представляют собой электромагнитные волны. И радиосиг-

налы, используемые в технологии *Wi-Fi*, сотовых телефонах или автомобильных радиоприемниках, и тепловое излучение, регистрируемое приборами ночного видения, и рентгеновские лучи, которые мы используем, чтобы рассмотреть кости под кожей, и даже видимый свет, который воспринимают наши глаза, – все это, согласно теории Максвелла, суть колебания электрических и магнитных полей. Они отличаются друг от друга только своей частотой и способами, с помощью которых мы их производим и измеряем. Но по сути все эти колебания представляют собой одно и то же явление, а именно – свет: видимый свет, свет с длиной волны из радио-, инфракрасного или рентгеновского диапазона.

В частотном диапазоне, используемом мобильными телефонами, волны колеблются миллиард раз в секунду, а их длина составляет больше 20 сантиметров. Волны видимого света колеблются секстиллионы раз в секунду, и их длина в сто раз меньше диаметра волоса. Поскольку световые волны определенного цвета и частоты всегда колеблются с одинаковой скоростью, свет является идеальным метрономом для часов и эталоном времени. Самые точные оптические часы на сегодня откалиброваны так, что их точность составляет более 10^{-19} секунд⁸. За все время существования Вселен-

⁸ S. M. Brewer, J.-S. Chen, A. M. Hankin, E. R. Clements, C. W. Chou, D. J. Wineland, D. B. Hume, and D. R. Leibbrandt. *27Al+ Quantum-Logic Clock with a Systematic Uncertainty below 10⁻¹⁸*. // *Physical Review Letters* 123 (2019): 033201. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019PhRvL.123c3201B>.

ной (на сегодня это примерно 14 миллиардов лет) такие часы отстанут всего примерно на полсекунды! Это такая степень точности, о которой предыдущие поколения даже не мечтали.

Но что именно вызывает эти колебания? Долго считалось, что все космическое пространство заполнено так называемым эфиром. Имелся в виду не тот эфир, который растворитель, а эфир – гипотетическая среда, в которой электромагнитные волны (или световые, или радиоволны) распространяются во все стороны, как звуковые волны в воздухе.

Одним из свойств уравнений Максвелла – самым обескураживающим и неожиданным для физиков, причем остающимся таковым и по сей день, – является представление о том, что свет с любой длиной волны, распространяющийся в пустом пространстве, должен всегда двигаться с одной и той же постоянной скоростью, не зависящей от того, как быстро движется наблюдатель. Рентгеновский луч столь же быстр, как радиоволна или лазерный луч, и в уравнениях Максвелла скорость света не зависит от скорости приемника или излучателя. То, что свет распространяется с конечной скоростью, мы знали самое позднее с конца XVII века, когда Оле Рёмер измерил движение спутников Юпитера и использовал их в качестве часов ⁹. Но разве не должна скорость света ме-

⁹ Рёмер использовал орбиту спутника Юпитера Ио в качестве часов. Он заметил, что эти часы немного замедляют свой ход, когда Земля на своей около-солнечной орбите находится дальше от Юпитера по сравнению с тем, что было несколькими месяцами ранее. Свет от Юпитера доходил до Земли на несколько

няться в зависимости от того, летишь ли ты с большой скоростью сквозь таинственный эфир или стоишь на месте?

Допустим, я плыву на серфборде в океане. Сильный ветер дует в сторону берега, а я гребу от него перпендикулярно линии прибоя. Волны приближаются ко мне с большой скоростью – на самом деле почти так же быстро, как они набегают на берег. Но если я меняю направление и быстро гребу в ту же сторону, куда устремлены ветер и волны, моя скорость почти равняется скорости волн под моим серфбордом. По сравнению с ним скорость волн мала, однако скорость волн относительно берега очень высока.

То же самое относится и к звуковым волнам. Если я еду на велосипеде при попутном ветре, звук клаксона едущего за мной автомобиля достигает моих ушей несколько быстрее, чем когда ветра нет, – и я слышу предупреждение немного раньше. Если же я поеду навстречу ветру, то услышу гудок сзади несколько позже: звук тоже распространяется против ветра. Если бы я мог крутить педали со сверхзвуковой скоростью, я никогда не услышал бы гудка. Если бы я крутил педали еще быстрее и опередил собственные звуковые волны, то преодолел бы звуковой барьер и создал ужасный шум, поскольку многие из производимых мною звуков достигли бы человека, слышащего их, одновременно. Но, в отличие от пилотов реактивных самолетов, ни одному велосипедисту еще не удалось преодолеть звуковой барьер.

минут позже, чем должен был бы: “часы Ио” отставали.

Радиоволны должны вести себя подобным же образом – по крайней мере так думали люди более ста лет назад. По их представлениям эфир, в точности как воздух в нашей атмосфере, заполняет пустоту космического пространства, а Земля, бороздящая эфир со скоростью 100 000 километров в час по орбите вокруг Солнца, схожа с моим велосипедом или серфбордом. Если вы измерите скорость света в направлении движения Земли вокруг Солнца, то эта “скорость света” должна быть на самом деле совершенно другой, чем скорость, измеренная под прямым углом или в точно противоположном направлении. Иными словами, она должна зависеть от того, при “попутном” или “встречном” ветре движется свет в эфире.

Именно этот эффект пытались измерить американские физики Альберт А. Майкельсон¹⁰ и Эдвард У. Морли в конце XIX века. Для этого они измерили относительную скорость света в двух световых коридорах (или каналах), расположенных перпендикулярно друг другу. Эксперимент закончился полной неудачей. Ученые не смогли увидеть сколько-нибудь существенного различия в скоростях света. Таким образом, не было найдено прямых доказательств существования эфира – он оказался просто иллюзией.

Неудачи могут быть прорывными, и этот неудачный эксперимент стал одним из тех немногих, которые принято на-

¹⁰ Майкельсон родился в Пруссии и в 2 года вместе с родителями переехал в США: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1907/michelson/biographical>.

зывать ключевыми, так как они направили развитие физики и астрономии по ее нынешнему пути. Дело в том, что совершенно неожиданный крах теории эфира обрушил всю систему взглядов и потому пришлось, отбросив старые модели, начать искать новые идеи. Лучшими из них оказались идеи молодого Альберта Эйнштейна¹¹, который был готов радикально все переосмыслить и создать новую теоретическую основу физики. Пока другие физики все еще пытались пробить головой стену, Эйнштейн стремительно ворвался в новую эру, в которой пространство и время больше не были абсолютными. Возникла смелая теория – теория относительности Эйнштейна, существенно изменившая веками доминировавшую концепцию мироздания.

Мальчик мечтает о Луне

Совершив достаточное количество оборотов вокруг Земли, мы можем начать следующую фазу протокола, составленного для полета нашей космической капсулы, и направить эту капсулу на Луну. Путешествие на Луну было древней мечтой человечества. 20 июля 1969 года Нил Армстронг сту-

¹¹ Достоверно не установлено, что на Эйнштейна существенным образом повлиял эксперимент Майкельсона-Морли. Вероятно, признаки относительности в поведении электромагнетизма были для него более важными. См. Jeroen Van Dongen. *On the Role of the Michelson-Morley Experiment: Einstein in Chicago*. // Archive for History of Exact Sciences 63 (2009): 655–63, <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2009arXiv0908.1545V>.

пил на ее поверхность, совершив, возможно, самый известный шаг, когда-либо сделанный человеком, – и мечта стала реальностью. Даже спустя несколько лет я все еще ощущал значимость этого момента.

Жаркий летний день 1971 года в маленьком городке Штромбах в горном районе земли Северный Рейн-Вестфалия. До самого горизонта тянутся мягкие зеленые холмы и леса. В небольшом районе частных домов на улице играют и веселятся дети. Ведерки и лопатки, трехколесный велосипед с родительской ручкой для толкания и пара мячей – все, что им нужно для счастья. Взрослые сидят во дворе в шезлонгах и наблюдают за детьми.

Но один маленький пухлощекий мальчик не играет со сверстниками, а сидит в темной комнате и как замороженный смотрит на мерцающие размытые черно-белые картинки на экране большого лампового телевизора. Лунный модуль “Аполлона-15” “Фалькон” только что “прилунился” и передает свои изображения на Землю. После первых захватывающих и очень успешных космических полетов воодушевление взрослых членов семьи Фальке, вызванное посадками на Луну, довольно быстро испарилось.

И только мальчик никак не может оторваться от экрана. Ему всего четыре года, и он еще не имеет ни малейшего представления о размерах космоса или расстоянии, которое астронавты НАСА должны были преодолеть, чтобы добраться до Луны. Он даже вообразить себе не может, сколько энер-

гии потребовал данный технологический прорыв и насколько значительным является это научное достижение. И все же где-то в глубине души он чувствует, каким захватывающим и грандиозным является это смелое предприятие. Мальчик наслаждается каждой секундой космического приключения, и его воображение разыгрывается все больше. Что вообще в этом мире может быть неосуществимым, если человек смог ходить по Луне, прыгать на ее поверхности и даже управлять лунным вездеходом (а именно это и делали астронавты “Аполлона-15”)? Что еще предстоит открыть человечеству в бесконечно огромном небе?

Этим мальчиком, конечно же, был я. Тогда мы провели несколько дней в гостях у моей двоюродной бабушки Герды. Астронавты, отправившиеся под командованием Дэвида Скотта на Луну, казались мне в детстве героями из комиксов. Командир Скотт и член экипажа Джеймс Ирвин прилунились на модуле “Фалькон” очень близко к Апеннинам – одному из крупнейших лунных горных хребтов, – в то время как третий астронавт, Альфред Уорден, облетал Луну в командном модуле. Когда Скотт ступил на поверхность Луны, он произнес нечто глубоко человеческое: “Я вроде как понял, в чем состоит фундаментальная сущность нашей природы. Человек должен открывать новое!” “Да! – подумал я. – Это про меня”. И сегодня так можно сказать обо всех людях.

Как и многие дети, я хотел быть космонавтом, но позже (в основном интуитивно) пришел к пониманию, что на са-

мом деле не создан для этого. Я был довольно разносторонне развит: умел работать в коллективе, был стрессоустойчивым и спортивным, разбирался в технике, был хорош в теоретической и экспериментальной работе. Но у меня легко начинали дрожать руки, и под давлением ситуации я допускал очень много ошибок. Годы спустя, на конференции по космическим путешествиям, мне довелось поговорить об этом с немецкими астронавтами Ульрихом Вальтером и Эрнстом Мессершмидом. Они оба знали себе цену, но при этом не были заносчивыми. “Нам, астронавтам, приходится без конца проходить отбор, и все показатели должны быть в норме”, – сказал мне один из них. В моем случае в норме были не все показатели. И все же моя мечта – подобраться ближе к Луне – никогда не умирала.

Чтобы долететь до Луны, космический корабль должен преодолеть расстояние от 356 000 до 407 000 километров – в зависимости от того, в какой именно части своей эллиптической орбиты она находится. Для большинства автомобилей это расстояние равно примерно их максимальному пробегу, а вот свету, чтобы его преодолеть, требуется всего около 1,3 секунды. Осознание того факта, что даже самые лучшие автомобили за свою жизнь способны проехать расстояние, ненамного превышающее световую секунду (важная астрономическая мера), здорово отрезвляет.

Скорость света – единственная во Вселенной по-настоящему постоянная величина. Размеры космического про-

странства принято выражать в световых единицах, и световой год на самом деле является мерой длины, а не времени, как можно было бы предположить, исходя из слова “год”. И представление об истинных космических масштабах мы получаем, когда, говоря о расстояниях, оперируем иногда расстояниями, равными многим миллиардам световых лет. Так что для астрономов Луна не является нашим космическим двором – ни задним, ни передним: она от силы порог, который мы переступаем, готовясь к путешествию по Вселенной.

То, что нас с Луной разделяет расстояние, примерно равное одной световой секунде, также означает, что все то, что мы сейчас видим на Луне с Земли, случилось там секунду назад. Когда мы смотрим в космос, мы всегда видим его прошлое. В случае с Луной это немногим больше секунды, но в случае с галактиками, которые мы изучаем, мы наблюдаем события, произошедшие миллионы и миллиарды лет назад.

Свет всегда достигает нас “с задержкой” – небольшой задержкой, если источник света находится где-то здесь, на Земле, и чрезвычайно большой, если свет идет к нам из глубин космоса. В результате мы никогда не можем точно знать, что происходит где-то в другом месте в данный момент – ни во Вселенной, ни даже здесь, на Земле.

Между прочим, есть очень простой способ измерить и использовать задержку прихода света от Луны. Мой голландский коллега решил провести свою свадебную церемонию в диспетчерской радиотелескопа и с помощью радиоволн от-

правил на Луну брачный обет. Слова клятвы отразились от поверхности Луны и через 2,6 секунды вернулись в диспетчерскую. Это произошло так быстро, что невеста не успела сбежать, и брак официально зарегистрировали. Вероятно, это была первая в мире свадьба с участием Луны ¹².

По несколько менее торжественным поводам, а на самом деле – с чисто научными и технологическими целями мы сегодня регулярно стреляем лазерными лучами в Луну. Они отражаются от зеркал, которые были размещены там во время миссии “Аполлон” и теперь работают так же, как и тогда (вопреки заявлениям сторонников теории заговора, утверждающих, что НАСА никогда не сажала корабли на Луну). По задержке светового эха можно чрезвычайно точно измерить движение Луны и ее расстояние до нас, и мы можем проверить предсказания, сделанные в рамках общей теории относительности.

Еще мы можем заметить, что с каждым годом Луна становится на четыре сантиметра дальше от нас, а Земля немного замедляет свое вращение. Гравитационные силы привязывают Землю и Луну друг к другу, а приливные силы заставляют каждую из них несколько замедлять вращение другой. Ежегодно каждый лунный месяц и земной день увеличивают свою длину на крошечную долю секунды. Теоретически мы в результате стареем несколько медленнее, но и умираем

¹² *Andre and Marit's Moon bounce wedding.* // YouTube, February 15, 2014. <https://www.youtube.com/watch?v=Rh³z8TwGwrY>.

немного раньше – если, конечно, наш возраст выражается в месяцах и днях. Четыре с половиной миллиарда лет назад в сутках было всего шесть часов¹³ – для таких трудоголиков, как я, жизнь была бы непереносимой.

Вращение Луны вокруг своей оси уже очень сильно замедлилось. За время оборота по орбите вокруг Земли она поворачивается вокруг собственной оси ровно один раз и, следовательно, всегда показывается нам одной и той же стороной. Вот почему людям привычен один и тот же улыбающийся и дружелюбный лунный лик. Обратную же сторону Луны мы смогли увидеть только после первых лунных миссий. И хотя это не темная сторона, как ее часто поэтически называют (поскольку Солнце освещает ее в течение двух недель каждый месяц), она все же остается загадочным и малоизведанным миром.

Я никогда полностью не отказывался от своей мечты, связанной с Луной, и в некотором отношении эта мечта осуществилась, когда на какое-то время я стал руководителем радиотелескопа LOFAR¹⁴ в Нидерландах. Название LOFAR расшифровывается как “низкочастотная антенная система”. Радиотелескоп представляет собой сеть радиоантенн, работающих в низкочастотном диапазоне. Они связаны между

¹³ Adam Hadhazy. *Fact or Fiction: The Days (and Nights) Are Getting Longer*. // Scientific American, June 14, 2010. <https://www.scientificamerican.com/article/earth-rotation-summer-solstice>.

¹⁴ M. P. Van Haarlem, and 20 °Contributors. *Lofar: The Low Frequency Array*. // Astronomy and Astrophysics 556 (2013): A2.

собой и образуют единый астрономический инструмент – благодаря суперкомпьютеру, объединяющему данные, полученные с помощью разных антенн; таким образом создается виртуальный телескоп. Считалось, что с его помощью мы сможем углубиться в прошлое Вселенной вплоть до Большого взрыва и найти все активные черные дыры во Вселенной.

Сегодня сеть LOFAR состоит из 30 000 антенн, раскиданных по всей Европе, – то есть LOFAR стал континентальным телескопом. Но идеальное место для приема радиоволн из космоса без помех – это обратная сторона Луны. Дело в том, что на Земле самыми большими проблемами для астрономов являются рассеянное излучение, создаваемое наземными радиопередатчиками, и искажение космических радиоволн в самом верхнем слое атмосферы – ионосфере. С Земли мы никогда не видим обратную сторону Луны, а следовательно, там нет помех от какого-либо рассеянного земного излучения. “Луна может быть лучшим местом на Земле для работы радиоастрономов”, – обычно говорю я в шутку. Но долгое время идея установить там антенны казалась мне несбыточной мечтой.

И в космическом путешествии, и в науке нужно быть очень терпеливым. Если набраться терпения и подождать, то может случиться нечто совершенно невероятное. Я, например, дождался приятного сюрприза в октябре 2015 года, когда во время государственного визита король Нидерландов Виллем-Александр и глава КНР Си Цзиньпин дого-

ворились о совместных проектах в области космических полетов. В рамках подписанного соглашения китайцы предложили взять с собой в космос лунную антенну, разработанную нами для программы LOFAR. Это был первый голландский прибор, включенный в китайскую лунную миссию. В мае 2018 года с космодрома Сичан стартовала ракета китайского космического агентства КНКА с нашей антенной на борту, и за запуском именно этой ракеты я, будучи в отпуске в Ирландии, следил в прямом эфире. Однако тогда же синтезировалось самое первое изображение черной дыры, и вся моя энергия и мои мысли были сосредоточены исключительно на получении этого изображения. То был самый напряженный период моей научной жизни, и потому я, хоть и неохотно, препоручил исполнение своей детской мечты о Луне коллегам.

Наша станция наблюдения LOFAR установлена на китайском спутнике связи “Цюэцяо”. Спутник, название которого переводится как “сорочий мост”, находится на расстояниях от 40 000 до 80 000 километров за Луной. Основная функция “Цюэцяо” – ретранслировать радиосигналы на Землю с обратной стороны Луны. Осенью 2019 года мы раскрыли нашу антенну и с тех пор слушаем космические сигналы. Совсем недавно мы занимались поиском чрезвычайно слабых радиошумов, которые, согласно современным теориям, должны были появиться в какой-то момент так называемых “темных веков Вселенной”, то есть миллиарды лет назад, до

рождения первых звезд. Они содержат радиоэхо Большого взрыва, являющегося началом пространства и времени. Вероятно, нам потребуется много лет, чтобы завершить чрезвычайно сложный анализ массива данных, и вполне возможно, что только будущие космические миссии смогут что-то такое обнаружить.

Но когда “Цюэцяо” еще только направлялся к своей орбите, он подарил мне невероятный эмоциональный всплеск. Его небольшой бортовой камере удалось сделать уникальный снимок, на котором были видны Луна, а за ней – почти такого же размера – Земля. В углу фото красовалась наша все еще нераскрытая антенна. Рассматривая снимок, я снова почувствовал себя тем маленьким мальчиком, что сидел у старого черно-белого телевизора. Передо мной предстала таинственная обратная сторона Луны, за которой виднелось маленькое и размытое изображение нашей собственной голубой планеты, где я сейчас сидел. Сам я никогда не летал на Луну, но в тот момент я словно был там – был “дома”. С тех пор каждый раз, когда я смотрю на Луну, мне кажется, будто теперь там поселилась маленькая частичка меня.

2

Солнечная система и наши изменяющиеся представления о Вселенной

Солнце – наша ближайшая звезда

Теперь мы покидаем Луну и направляемся к Солнцу. Если мы вылетим с Земли, то до цели нам нужно преодолеть расстояние в 150 миллионов километров. Свет может справиться с этим за 8 минут, а это значит, что мы находимся в 8 световых минутах от Солнца и, смотря на него, видим то, что происходило на нем 8 минут назад.

Солнце – звезда, благодаря которой мы существуем, и это утверждение носит универсальный характер, ибо ни на одном другом небесном объекте, кроме Земли, нет условий для человеческой жизни. Солнце влияет на погоду и на человеческую культуру, а также упорядочивает нашу повседневную деятельность, задавая ритм дня и ночи. Мы начинаем понимать важность Солнца, только когда нам приходится какое-то время жить без него. Поэтому неудивительно, что и в доисторические времена, и в древности солнечное затме-

ние вызывало у людей серьезную тревогу. Да и сегодня оно может заставить нас беспокоиться, хотя обычно не слишком сильно.

Лето 1999 года. Я стою перед директрисой нашей местной начальной школы, чуть ли не умоляя ее позволить моей дочери отправиться со мной в путешествие. Сегодня, 11 августа, в некоторых областях Германии и Франции должно наблюдаться полное солнечное затмение. В течение нескольких дней немецкие СМИ рекламировали это событие. Специальные защитные очки распроданы, и вся Германия ждет наступления космического таинства. Для нас с дочерью это уникальная возможность увидеть редкое событие вместе: к тому времени, когда в 2081 году произойдет следующее наблюдаемое в наших краях подобное солнечное затмение, меня уже не будет в живых.

Но строгие правила обязательного посещения школ в Германии не учитывают всякие сентиментальные мотивы. Наши законы в сфере образования позволяют отменять уроки, если объявляется высокий уровень опасности из-за жары или холодов, но никак не в дни солнечного затмения. Сочувствующая нам директриса мнетя и говорит мне, что по школьным правилам она не может отпускать детей из школы ради солнечных затмений, которые случаются раз в столетие, даже если это дети астрономов. “Однако, – задумчиво добавляет она, – пропустить занятия можно, если из-за вашей работы вам приходится временно менять место жительства. В

этом случае вы могли бы взять Яну с собой”. Я благодарю ее за информацию и на один день меняю место жительства – во всяком случае, на бумаге.

Взволнованный и охваченный нетерпением, я сажаю в машину свою шестилетнюю дочь и прыгаю за руль. Иногда ученые в поисках тайн Вселенной и удовлетворения собственной любознательности готовы отправиться хоть на край земли. Вот и мы отправляемся в нашу небольшую семейную экспедицию.

Тень затмения будет проходить около полудня лишь по узкой полосе, протянувшейся через несколько областей на юго-западе Германии. Именно сюда я и хочу попасть, потому что только здесь можно будет пережить самый захватывающий момент полного солнечного затмения: зловещий мрак, который наступает, когда мир внезапно посреди дня погружается в темноту. Став тому свидетелем, вы никогда не забудете ощущение важности солнечного света для нашей жизни и для жизни вообще. Есть только одна проблема, которая может нам помешать и с которой астрономы – увы! – хорошо знакомы: капризы погоды. 11 августа небо во всей Германии окутано облаками.

Мы едем на запад от моего родного города Фрехен, расположенного недалеко от Кёльна, в поисках подходящего места. Мы отчаянно мечемся, гоняясь за солнечным светом, то здесь, то там пробивающимся сквозь облака. Наконец мы оказываемся во Франции, в поле, неподалеку от города Мец.

До начала затмения осталось всего несколько минут... и тут небо очищается и из него проливается свет Солнца. Иногда в жизни тебе просто должно повезти, даже если ты скромный ученый. Медленно, величественно диск Луны начинает скользить перед Солнцем, пока наконец полностью не закрывает его. Мы попали точно в нужное место в нужное время. Это необычное и прекрасное зрелище, редкий момент “коллективного озарения” в полной темноте.

Солнечное затмение – это проявление одного из самых замечательных космических совпадений в нашей Солнечной системе. Только благодаря тому, что намного меньшая Луна расположена на “правильном” расстоянии от Земли, ей удастся полностью закрыть для нас диск большого Солнца. Если бы она была немного ближе, то закрыла бы большую площадь, чем диск Солнца. Если бы она была дальше, диск Солнца оказался бы закрытым не полностью и мы бы видели яркий ослепительный ореол. Однако сейчас Луна в точности закрывает весь раскаленный диск Солнца и позволяет нам увидеть нечто совершенно особенное: солнечную корону. Она состоит из горячего, с температурой в несколько миллионов градусов, газа, который иногда начинает бурлить, – и тогда возникают гигантские плазменные протуберанцы, вздымающиеся над солнечной поверхностью.

Во время солнечного затмения в течение нескольких мгновений мы можем увидеть, что Солнце – вовсе не спокойная звезда: оно кипит и клокочет, как волшебный котелок на

кухне у ведьмы. Но есть и еще кое-что не менее магическое: во время больших и не очень больших взрывов на поверхности Солнца образуются и выбрасываются в космос мельчайшие частицы-призраки. Это осколки атомов, которые появляются при распаде атомов на части под воздействием солнечной температуры, а затем проносятся на высокой скорости сквозь Солнечную систему.

Атомное ядро состоит из тяжелых положительно заряженных протонов и нейтральных нейтронов почти той же массы. Ядра окружены одной или несколькими электронными оболочками. Электроны заряжены отрицательно, и они гораздо легче.

Эти вылетающие частицы с высокими энергиями не очень корректно называют космическими лучами. Когда космические лучи – лучше назвать их космическими частицами – входят в атмосферу, они вызывают, кроме всего прочего, северное сияние, которое иногда появляется в темном небе над Лапландией или Аляской, и, по рассказам наблюдателей, эти мерцающие и танцующие зеленые сполохи – совершенно фантастическое зрелище. Однако поток частиц, вызванный наиболее интенсивными солнечными бурями, важен для нас, людей, также и по другим причинам. Эти бури могут разрушить чувствительную электронику спутников, изменить магнитное поле Земли и помешать передаче радиосигналов. Особо сильные бури могут даже поднять напряжение в наших электросетях и нарушить электроснабжение целых го-

родов. К счастью, подобные события случаются редко, и регулярный мониторинг погоды в открытом космосе позволяет заранее принимать меры предосторожности.

Только во время солнечного затмения мы можем невооруженным глазом увидеть, откуда берутся эти космические частицы. Зрелище оказывает на меня особое воздействие. По своей работе я знаю, что элементарные частицы, движение которых мы с дочерью наблюдали на краю Солнца, подчиняются тем же физическим законам, что и элементарные частицы на краях черных дыр, только последние находятся в гораздо более экстремальных условиях. Совместное воздействие магнитных полей и огромной турбулентности превращает эти мельчайшие заряженные частицы в подобие мячиков для пинг-понга, перебрасываемых туда-сюда, в результате чего они приобретают все большую энергию. Электроны, которые ускоряются в этих процессах и отклоняются магнитным полем, заставляют как Солнце, так и ближайшие окрестности черной дыры светиться в радиочастотном диапазоне. Космические частицы, образующиеся при взрывах звезд и вблизи черных дыр, могут достигать еще более высоких энергий, чем те частицы, которые образуются на Солнце. Они проносятся через беспокойные магнитные поля нашего Млечного Пути и открытого космоса.

Некоторые из них врезаются в нашу атмосферу, и их можно поймать и измерить. В крупномасштабных экспериментах, подобных эксперименту, проводимому в аргентинской

обсерватории Пьера Оже, в котором я до сих пор участвую, ведутся исследования таких частиц с помощью множества детекторов, расположенных на тысячах квадратных километров.

Если бы мы не поняли физику Солнца и космических частиц, мы не смогли бы понять и физику черных дыр. Как удивительно, что во всей Вселенной происходят одни и те же процессы и действуют одни и те же законы! Излучение черных дыр, солнечные протуберанцы и северные сияния на Земле подчиняются бесконечным переплетениям действующих во всем космосе законов физики.

Во время солнечного затмения 11 августа у меня возникает чувство, будто я могу видеть все это собственными глазами. Для моей дочери это была увлекательная детская экскурсия, наполненная приключениями и удивительными зрелищами. После нее она сделала специальные очки для всех своих знакомых и пригласила их взглянуть на Солнце. Что должны были подумать о нас соседи?

Когда мы с моим ребенком смотрели на Солнце, я испытывал благоговейный трепет перед могуществом Вселенной. Особенно меня завораживало зловещее красное свечение Солнца, закрываемого тонкой дымкой облаков. В этом клубящемся кольце было что-то мощное и почти гипнотическое. Это зрелище позже вдохновит меня на выбор цветов для картинки в нашей статье, предсказавшей возможность получения радиоизображения черной дыры.

Конечно, у меня есть преимущество перед многими людьми: ведь я знаю, почему происходит солнечное затмение и какие космические явления его вызывают. Но в каменном веке, да и позже, вплоть до наших дней, это зрелище казалось пугающим и считалось карой божественных сил. Документы, которым более четырех тысяч лет, рассказывают об одном таком затмении. В то время китайские придворные астрономы пытались предсказывать подобные явления, наблюдая за небом, но это не всегда выходило у них удачно. Согласно одной древней легенде двоих ученых мужей даже казнили по приказу императора за то, что они не смогли объявить точное время солнечного затмения и были пьяны, когда затмение все же произошло¹⁵. Хотя не исключено, конечно, что эта популярная история – просто выдумка. Так или иначе, но сегодня астрономы могут точно и без риска для жизни предсказывать время солнечных затмений. Разумеется, мы тоже иногда ошибаемся, особенно когда проводим исследования в неизведанных областях, однако за эти ошибки нам, к счастью, больше не грозит смертная казнь.

Солнце – такая же звезда, как и любая другая, – конечно, за исключением того, что это *наша* звезда, а следовательно, она намного-намного ближе к Земле и намного-намного ярче всех остальных звезд. Ни наша Луна, ни какая-либо пла-

¹⁵ P. K. Wang and G. L. Siscoe. *Ancient Chinese Observations of Physical Phenomena Attending Solar Eclipses*. // *Solar Physics* 66 (1980): 187–93. <https://doi.org/10.1007/BF00150528>; также см. <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/Sehistory/Sehistory.html#-2136>.

нета не были бы видны на небе без этого горячего гиганта – ведь они лишь отражают солнечный свет. Солнце настолько огромно, что в нем заключено более 99 процентов массы нашей Солнечной системы. Его сила тяготения удерживает планеты на своих орбитах, и именно ей мы должны быть больше всего благодарны за наши знания о звездах и гравитации.

Солнце – это массивный и невероятно горячий газовый шар, в ядре которого происходит ядерный синтез. Топливом служит водород – из него в основном и состоит Солнце. В ядре этой горячей звезды атомы легкого водорода сливаются, образуя гелий. Температура в ядре невероятно высокая – примерно 15 миллионов градусов Цельсия, но и на поверхности Солнца она все еще весьма значительна: 5 500 градусов. Тепло, излучаемое Солнцем, является единственным источником всей энергии на Земле, и оно не могло бы быть произведено без гравитации и, значит, высокого давления в солнечном ядре. Без солнечного света растения не могут расти: ведь они получают свою энергию с помощью фотосинтеза. Да и все мы тоже – и веганы, и вегетарианцы, и мясоеды – можем добывать еду только благодаря Солнцу, поскольку животные питаются растениями, которые, в свою очередь, не могут обойтись без солнечного света.

Когда мы сжигаем дрова, мы высвобождаем энергию, полученную от Солнца. Нефть, газ и уголь появились в результате биологических процессов, протекающих с момента

рождения Земли, то есть они представляют собой накопленную солнечную энергию. Однако мы с такой скоростью уничтожаем наши природные запасы, сжигаем вещества, которые откладывались миллионы лет, что не нужно быть климатологом, чтобы понять: если мы продолжим в том же духе, добром это не кончится.

Кроме того, без Солнца мы не могли бы производить электричество. Понятно, что не была бы изобретена солнечная энергия, но и гидроэлектростанции также функционируют только потому, что Солнце постоянно заставляет воду испаряться и она потом проливается дождями, наполняющими наши озера и реки. Даже ветряки работают только потому, что Солнце нагревает нашу атмосферу неравномерно и в разных точках Земли создаются разные температуры, что и приводит к возникновению ветра. И хотя приливные электростанции получают энергию от Луны, а атомные станции – от элементов, которые были созданы в космосе при рождении черных дыр и нейтронных звезд, эти элементы попали к нам лишь благодаря гравитации Солнца. Ну, а исходным источником всей энергии Солнца, Луны, звезд и элементов является Большой взрыв – первичный источник энергии Вселенной.

Солнце ускорило процесс нашего превращения в двуногих существ, способных мыслить абстрактно. Солнечные космические частицы, попадая на Землю, увеличивают скорость мутаций в клетках организмов. Именно Солнцу мы

обязаны тем, что эти клетки смогли видоизменяться, что эволюция пошла вперед, что мелкие млекопитающие эволюционировали в человека. Мы в некотором смысле космические мутанты. Однако повышенный уровень мутаций приводит и к образованию раковых клеток, а значит к смерти и распаду. Наше существование как людей было буквально выстрадано, заработано ценой глубоких страданий. Но без этих потенциально опасных генетических изменений мы все еще были бы одноклеточными организмами.

По сравнению с другими, более буйными, звездами Солнце имеет довольно спокойный темперамент. Оно по всем параметрам среднее – не особенно большое, не особенно массивное и даже не особенно активное¹⁶. Его возраст – 4,6 миллиарда лет, и оно находится в расцвете сил. Учитывая его общую массу, термоядерный реактор в ядре Солнца горит медленно. Количество энергии, вырабатываемой в его единице объема, значительно ниже, чем при метаболизме человека. Наш организм – это отлаженный механизм, который постоянно работает на полную мощность. Если бы мы все встали очень близко друг к другу, мы могли бы стать маленькой звездой¹⁷.

¹⁶ Yuta Notsu, et al. *Do Kepler Superflare Stars Really Include Slowly Rotating Sun-like Stars?: Results Using APO 3.5 m Telescope Spectroscopic Observations and Gaia-Dr2 Data*. // The Astrophysical Journal 876 (2019): 58. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019ApJ...876...58N>.

¹⁷ Твит Марка МакКогрина от 5 января 2020 г.: @markmccaughrean, January 5, 2020. <https://twitter.com/markmccaughrean/status/1213827446514036736>.

Однако Солнце – благодаря своим размерам – затмевает абсолютно все. Население Земли должно было бы увеличиться почти в квадриллион раз, чтобы производить столько энергии, сколько производит Солнце.

Солнце практически сжигает себя. При синтезе гелия из водорода материя частично превращается в энергию. В результате наша звезда становится легче примерно на четыре миллиарда килограммов в секунду. И хотя Солнце излучает огромную энергию, оно использует лишь ничтожную часть собственной массы, то есть демонстрирует невероятную эффективность. На сегодняшний день ни одна машина, созданная человеком, не может произвести так много энергии при таком небольшом расходе топлива. Если бы наши тела были такими же эффективными и экономичными, как Солнце, каждому человеку понадобилось бы менее половины грамма пищи в течение всей его/ее жизни. Когда речь заходит об эффективности преобразовании массы в энергию в космосе, звезды уступают только черным дырам.

Тем не менее во всем этом есть и толика грусти: в какой-то момент источник энергии Солнца истощится. Дозаправиться топливом в данном случае не получится. Ядерный реактор на Солнце выгорит, а вместе с ним – конечно, если человечество столько протянет – закончится и жизнь на Земле. Но это событие пока еще далеко. Современные прогнозы дают Солнцу от пяти до шести миллиардов лет, и у нас достаточно времени, чтобы создать побольше солнечных батарей!

Небесные божества: тайна планетных орбит

Как только мы покидаем Солнце и обращаем свой взор на планеты, движущиеся вокруг него, расстояния, о которых мы собираемся говорить, быстро превращаются из световых минут в световые часы. Здесь, в движении планет, лежит ключ к тому, как мы пришли к пониманию гравитации и развитию нашего современного представления о мире. Космические корабли, построенные людьми, уже долетели до планет и даже залетели чуть дальше. Но все, что находится за пределами нашей Солнечной системы, мы можем наблюдать только в телескопы.

В то время как Меркурий, ближайшая к Солнцу планета, находится от него всего в 60 миллионах километров, Нептун, самая дальняя планета Солнечной системы, движется по своей орбите на расстоянии 4,5 миллиарда километров, или четырех световых часов, от Солнца. Нептуну требуется 165 земных лет, чтобы совершить один оборот. На протяжении тысячелетий наши предки наблюдали за планетами и восхищались их правильными и в то же время нерегулярными движениями. Неподвижные звезды занимают фиксированные места на небосводе, и мы крутимся под ними, а планеты как бы блуждают среди звезд. Отсюда и их название: планета в переводе с греческого означает *странник*.

На нашем небе планеты, а также Солнце и Луна переме-

цаются вдоль узкой полосы – они будто движутся по планетному велотреку. Мы называем эту невидимую линию *эклиптикой* (от греческого слова, значащего *отсутствие, исчезновение, темнота*). Как следует из этимологии этого слова, эклиптика связана с солнечными затмениями, которые происходят именно здесь.

Эклиптика существует потому, что все планеты обращаются вокруг Солнца в одной плоскости и, соответственно, траектории планет формируют в плоскости виртуальный диск астрономических размеров. Земная орбита тоже лежит на этом диске, и, поскольку мы находимся на нем, он представляется нам узкой полоской неба – так выглядит старая виниловая пластинка, если смотреть на нее сбоку. Чем ближе к Солнцу, тем сильнее чувствуется его гравитация: планеты, находящиеся ближе к Солнцу, обращаются вокруг него быстрее, чем Земля, так как их центробежная сила должна уравновесить гораздо более сильное гравитационное притяжение Солнца, а планеты, более удаленные от Солнца, чем Земля, движутся медленнее, чем она, поскольку гравитация там слабее. Если бы они обращались быстрее, то сошли бы со своих околосолнечных орбит.

Наблюдая с Земли, мы видим, что планеты движутся причудливым образом относительно неподвижных звезд на небе. Они представляются нам спринтерами на легкоатлетическом стадионе, где мы участвуем в забеге вместе с ними. Спринтерам на крайних дорожках приходится преодоле-

вать большие расстояния, и бегут они значительно медленнее. Планеты Меркурий и Венера – это лучшие спринтеры на внутренних дорожках. Они самые быстрые и всегда находятся близко к Солнцу. Вот почему их можно увидеть только утром и вечером. Чаще всего по вечерам и утрам мы видим Венеру – “утреннюю звезду”. А большие планеты на дальних дорожках движутся более медленно – как любители побегать трусцой по выходным, – и наша Земля регулярно их обгоняет. В это время нам с Земли кажется, что они начинают пятиться. А когда наша планета их минует, переместившись на противоположную сторону околосолнечного трека, мы увидим, что они движутся с нами в одном направлении. Иными словами, в этом месте Земли на солнечном треке они для нас меняют направление своего видимого движения с попятного на прямое.

Нам, людям, потребовались тысячи лет, чтобы сделать это открытие. Движения планет, видимых невооруженным глазом – Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна, – оставались загадкой на протяжении многих веков. Неудивительно, что они повлияли на наши религиозные взгляды и различные модели мироустройства.

До того, как были поняты причины этих космических явлений, астрономия выполняла самые разные функции. Перед звездами и небесными объектами благоговели представители практически всех религий. Еще бы: ведь звезды упорядочивали повседневную жизнь и задавали циклы года.

Солнце доминировало днем, а положения точек его восхода и захода соответствовали определенным дням года и сезонам. По фазам Луны мы стали отмерять месяцы, которые по неизвестным причинам примерно соответствуют женским менструальным циклам. В древности люди верили, что Солнце и Луна управляют фертильностью, а также человеческими удачами и несчастьями. Поэтому неудивительно, что наши предки преклонялись перед этими божественными силами.

Истоки астрономии

Первые археологические находки, связанные с изучением неба, насчитывают десятки тысяч лет¹⁸. Как только люди поняли, что дни, ночи и времена года регулярно чередуются, они стали создавать календари. Сначала для отсчета времени использовался лунный цикл, а позднее по той же методике время начали соотносить с движением Солнца. Самым ран-

¹⁸ Сведения о многих артефактах, относящихся к каменному веку (пещера Ласко, пластина из кости орла в Дордони с резьбой, Стоунхендж, карта Луны из Нау-та), остаются расплывчатыми и спорными. См. Karenleigh A. Overmann. *The Role of Materiality in Numerical Cognition*. // *Quaternary International* 405 (2016): 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.026>; P. J. Stooke. *Neolithic Lunar Maps at Knowth and Baltinglass, Ireland*. // *Journal for the History of Astronomy* 25, no. 1 (1994): 39–55. <https://doi.org/10.1177/002182869402500103>. Тем не менее присущее людям любопытство свидетельствует в пользу того, что наши предки начали интересоваться небом раньше, чем появились достоверные письменные доказательства этого.

ним европейским свидетельством этого является знаменитый небесный диск Небры – бронзовая пластина возрастом около 3 700 лет, считающаяся древнейшим реальным изображением неба¹⁹.

Люди смогли использовать эти открытия и в сельском хозяйстве, и в навигации при плавании по морю (что в то время было чрезвычайно рискованным и опасным предприятием). Сегодня у нас есть навигационные спутники, но их координаты по-прежнему зависят от астрономических наблюдений – правда, уже не звезд, а радиоизлучения далеких черных дыр, которые мы стали использовать в качестве космических ориентиров²⁰.

Примерно в третьем тысячелетии до Рождества Христова в том месте, где позже будет основан город Вавилон в Месопотамии, образованные священники стали регулярно отслеживать положение Луны. Они использовали ее фазы для составления календаря и определения праздничных дней, а

¹⁹ Jörg Römer. *Als den Menschen das Mond eber packet.* // Der Spiegel, July 16, 2019. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/mond-in-der-achaeologie-zeitmesser-der-steinzeit-a-274766.html>.

²⁰ Международная небесная система отсчета (ICRS) представляет собой систему координат, созданную на основе наблюдений квазаров с помощью радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ). Ориентация Земли в пространстве в рамках этой системы определяется в соответствии с параметрами ориентации Земли Международной службы вращения Земли и систем отсчета (IERS). Ее можно использовать, например, для соотнесения координат на Земле в Международной земной системе отсчета (ITRS) с координатами спутника: <https://www.iers.org/Iers/En/Science/Icrs/Icrs.html>.

также времени сбора урожая и налогов. В месяце было 30 дней, а в году – 360 (недостающие дни добавлялись раз в несколько лет в виде дополнительных месяцев). В основе вавилонской системы исчисления лежало число шестьдесят, а не десять, как у нас. Вероятно, подражая вавилонянам, мы и делим сутки на двадцать четыре часа, а круг – на 360 градусов.

С развитием клинописи появилась возможность сравнивать космическую информацию, полученную в разные моменты наблюдений. А примерно в первом тысячелетии до Рождества Христова появилась чрезвычайно хорошо продуманная программа организации наблюдений. Кроме того, к этому времени впечатляющих успехов добилась математика. На землях между Тигром и Евфратом появились группы ученых, занятых исключительно астрономическими наблюдениями и расчетами, связанными с небесными объектами. К сегодняшнему дню найдены многие тысячи клинописных табличек, заполненных астрономическими данными. Таким образом, стало возможным анализировать не только те астрономические события, которые сохранялись в памяти отдельных людей, но и те, что происходили в течение жизни разных поколений. Это положило начало традиции тщательного протоколирования, архивирования и анализа данных, и такой процесс, вероятно, уже можно назвать научными исследованиями, даже если они служили главным образом религиозным целям.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.