

A TRAVELER'S GUIDE TO THE STARS



LES JOHNSON

Princeton University Press
Princeton and Oxford

ЗВЕЗДЫ
И КАК ДО НИХ
ДОБРАТЬСЯ:

РУКОВОДСТВО
ПУТЕШЕСТВЕННИКА

Лес Джонсон



Карьера Пресс
Москва

Содержание

Перечень иллюстраций viii

Предисловие ix

Благодарности xiii

Сокращения xix

Вступление	1
1. Вселенная ждет	5
2. Предшественники межзвездных перелетов	24
3. Межзвездные перелеты и привязка к реальности	67
4. Кого отправим – роботов, людей или всех сразу?	83
5. Неси нас, ракетный двигатель	99
6. Свет, неси нас	137
7. Строим межзвездные корабли	166
8. Научные теории и научная фантастика	201
Эпилог	250

Глоссарий 252

Примечания 257

Список литературы 267

Тематический указатель 277

Предисловие

Жизнь — это путь, и иногда этот путь принимает форму книги. Путь, заключенный в этой книге, начался в 1999 году, когда меня пригласили возглавить исследовательский проект NASA в сфере разработки космических двигателей. Я немедленно засел за книги и принялся поглощать буквально любую литературу о межзвездных перелетах. Не то чтобы я не был подготовлен к этой работе. Я знал, что, будучи физиком, сумею понять азы и разберусь в математических построениях, которые лежат в основе разнообразных космических двигателей, предложенных за последние сорок лет учеными, посвятившими себя этому вопросу. Все детство — а точнее, начиная со средней школы и всю старшую — я каждую неделю проглатывал минимум по одной книге научной фантастики (роман или сборник) и потому был готов мыслить нестандартно — так, по крайней мере, мне казалось.

Агентство NASA финансировало свой исследовательский проект в области космических двигателей на протяжении двух лет, после чего решило направить средства на другие цели, однако к тому времени я успел истово уверовать. Под моим началом шли эксперименты с самыми разными технологиями — от солнечных, лазерных и микроволновых парусов до двигателей на энергии ядерного распада, синтеза и антиматерии, — и я поверил: мы

действительно способны долететь до звезд. Да, пока мы еще не в силах разработать и построить все необходимые для этого системы, но нет никаких непреодолимых научно обоснованных причин, которые помешали бы описанным в этой книге системам и технологиям воплотиться в реальности. С закрытием проекта в NASA моя работа над технологиями межзвездных путешествий закончилась, но тема эта продолжала меня волновать.

Независимо от моей работы в NASA мы с моими близкими друзьями основали *Tennessee Valley Interstellar Workshop* (TVIW) — некоммерческую образовательную организацию, нацеленную на приближение будущего, в котором есть межзвездные путешествия. И организация наша добилась гораздо больших успехов, чем мы ожидали, — на сегодняшний день мы провели уже семь симпозиумов, выдали не одну тысячу долларов в виде стипендий для перспективных студентов, разделяющих наши устремления, а также способствовали публикации множества оригинальных исследовательских работ в самых престижных научных журналах. Со временем TVIW превратилась в *Interstellar Research Group*, и, чтобы больше узнать о ней, вы можете заглянуть на веб-сайт группы www.irg.space.

Таков был мой путь — а что книга? Книга выросла из горячий веры в то, что мы, люди, однажды отправим наших потомков заселять планету, которая вращается вокруг иной звезды, и жизнь, зародившаяся на Земле, делает первый шаг во Вселенную. Этой цели я хочу отдать свои силы, и именно ей была посвящена значительная часть моей жизни на протяжении последних нескольких лет.

Десять лет назад мы с моим агентом уже предлагали

более раннюю версию этой книги различным издательствам, но не встретили интереса с их стороны. Это было еще до того, как заголовки газет запестрели известиями о новых экзопланетах, до того, как *Space X* и *Blue Origin* сделали космос небывало доступным, до того, как в поле зрения научно ориентированной публики появились такие организации, как *100 Year Starship* и *Breakthrough Initiatives*. Так что я занялся другим: составил (совместно с Джеком Мак-Девиттом, автором бестселлеров из списка *New York Times*) сборник оригинальных научно-фантастических рассказов и научно-популярных эссе. Сборник назывался «К звездам: пора строить космические корабли!» и был опубликован издательством научной фантастики *Baen Books*. Он был хорошо встречен, так что на свет появился еще один сборник фантастики и научных статей о межзвездных путешествиях, и тоже в *Baen Books*; назывался он «Стелларис: звездный народ», а составителями его стали мы с Робертом Хэмпсоном.

Что до этой книги, то я буквально в шутку, даже без ведома моего агента составил и подал заявку в издательство *Princeton University Press* и, к моему удивлению, вскоре получил ответ. Книга заинтересовала издателя. Последовали многочисленные телефонные переговоры с Джессикой Яо — она была моим основным контактом в издательстве, — и вот книга перед вами.

Я хотел, чтобы моя книга «Звезды и как до них добраться» читалась легко и увлекательно и была понятна любому — не только ученым и инженерам. Технической литературы на эту тему хватит и без меня. Нет, я писал для тех, от кого действительно будут зависеть путешествия, о которых в ней идет речь, — для тех, кто будет призывать финансировать межзвездные программы,

кто будет если не прямо, то косвенно участвовать в полетах, когда придет срок. Мы отправимся к звездам лишь в том случае, если этот путь поддержит все общество — а значит, все мы.

Но сегодня этот путь еще только начинается. А я хочу оставить вам то, что стало целью моей жизни, — спасибо одному из этих мучительных во всех прочих отношениях воркшопов, на которые сегодня пошла мода в крупных организациях. На одном таком воркшопе, не помню точно на каком, нас попросили в одном предложении сформулировать, к чему мы стремимся как профессионалы. У меня вышло просто, и с тех пор я не раз повторял это предложение: «Когда люди, обосновавшись на новой экзопланете, станут писать учебник истории о том, как был исследован и заселен их мир, пусть в этом учебнике будет сноска с упоминанием моих прикладных трудов в этой области».

Эта книга — еще один шаг на пути к заветной сноске. Надеюсь, вы получите удовольствие от чтения и заодно узнаете что-то новое.

Примечание относительно системы измерений. На протяжении всей книги я буду пользоваться единицами как метрической, так и английской (хотя на самом деле давно уже американской) системы мер и весов. Почему? Потому что, когда я работаю «на работе», в NASA, там я мыслю в граммах и килограммах, метрах и миллиметрах и так далее. Но дома я мыслю и работаю в дюймах, фунтах и милях. Вам может показаться, что я перескакиваю из системы в систему случайным образом, но для меня используемые единицы измерения отражают мое восприятие мира, и подозреваю, что многие мои американские читатели могут сказать о себе то же самое.

Вступление

С незапамятных времен люди смотрели на звезды и задавались серьезными вопросами: «Кто я?», «Почему я здесь?», «А там что? Или кто?». Сегодня наш вид продолжает исследование космоса и готовится сделать первые шаги к звездам — а значит, мы вот-вот сможем ответить на некоторые из этих вопросов. Звезды — не просто светящиеся точки в ночном небе. Это солнца, под которыми далеко-далеко отсюда греются иные миры. Трудно поверить, что вплоть до начала 1990-х во всей Вселенной нам были знакомы (с научной точки зрения) лишь планеты, которые вращаются вокруг Солнца. Сегодня список экзопланет растет, и некоторые из них, по-видимому, лежат в зоне обитаемости материнских звезд, а потому люди все чаще задаются вопросом, как бы нам долететь до этих планет и исследовать их. Но несмотря на оптимизм, царивший в начале космической эры, движемся мы к этой цели медленно. Не потому, что плохо стараемся, — просто очень уж много трудностей на этом пути.

Ближайшая к нам звезда, Проксима Центавра, расположена примерно в 4,2 светового года от Земли. Ее свет, летя со скоростью около 186 000 миль в секунду (то есть около 300 000 км/с), достигает Земли за четыре года. Для большинства из нас эта цифра бессмысленна: как, в самом деле, осознать скорость света? Чтобы было

понятнее, давайте возьмем расстояние поменьше и посмотрим, с какими трудностями мы столкнемся, попытаюсь его преодолеть. На сегодняшний день дальше всех от Земли улетел космический зонд «Вояджер», запущенный в 1977 году. Сейчас, когда я пишу эти строки, «Вояджер-1» находится в 156 астрономических единицах (а. е.) от Земли – это расстояние от Земли до Солнца (примерно 93 миллиона миль), помноженное на 156. Чтобы преодолеть этот путь, «Вояджеру» понадобилось 44 года. Местонахождение корабля можно уточнить на сайте NASA <https://voyager.jpl.nasa.gov/mission/status>. Если бы «Вояджеры» держали курс на Проксиму Центавра – ближайшую к нам звезду, – путешествие заняло бы 70 тысяч лет. Чтобы межзвездный перелет был целесообразен, его длительность должна исчисляться в годах, а не в тысячелетиях.

Но скорость движения – это только первая проблема. А как мы будем поддерживать связь с кораблем на таком расстоянии? А где он будет брать энергию для движения в межзвездной тьме, когда окажется вдали от любых звезд? Путешествие на скоростях, которые позволят сократить время в пути, будет сопряжено с повышенным риском – корабль может пострадать от столкновения с космической пылью, ведь даже при скорости в долю скорости света такое столкновение имеет катастрофические последствия.

К счастью, для путешествия от звезды к звезде нам не придется изобретать новую физику. Двигатели на термоядерном синтезе, антиматерии и лазерных лучах вполне реальны с физической точки зрения – вот только создание систем такого масштаба выходит далеко за пределы наших сегодняшних возможностей.

Чтобы совершить решительный рывок к звездам,

мы должны прежде всего расселиться по значительной части нашей Солнечной системы. Для межзвездных путешествий нужны будут новые технологии, новая исследовательская этика, которая позволит избежать ошибок прошлого, и одухотворенная мечтательность сродни той, которая вела строителей величайших храмов, знавших, что начатый сегодня труд будет длиться на протяжении жизни еще не рожденных поколений.

А ведь есть еще и вопрос «зачем?»: зачем нам лететь к звездам? Зачем вообще исследовать космос? За первые пятьдесят с лишним лет космической эры мы обзавелись вполне убедительными и почти универсальными поводами для исследования и развития космоса близ Земли и на ее орбите. Метеорологические спутники помогают довольно точно предсказывать погоду на недели вперед. И отслеживать продвижение ураганов и циклонов, тем самым спасая жизни. Спутники связи сшивают мир воедино, позволяя нам в реальном времени видеть все, что происходит на планете. Они транслируют телевизионные каналы и часть разговоров по сотовой связи, а крупные скопления спутников связи уже открывают доступ к широкополосному интернету из любой точки земли. Спутники-шпионы помогают поддерживать мир, ведь с их помощью страны следят за перемещением армий друг друга, таким образом почти исключается возможность внезапного нападения — а это важный аспект стратегической безопасности в мире, нашпигованном ядерным оружием. Спутники глобальной системы позиционирования прокладывают для нас маршрут туда, где мы еще не бывали, и совершенно незаменимы для нашего пронизанного бесчисленными связями мира и глобальной экономики. Сегодня космос вокруг Земли —

неотъемлемая часть нашей повседневной жизни и благополучия.

Многие энтузиасты полагают, что следующим шагом должно стать развитие цислунарного пространства, то есть области между Землей и Луной. В будущем NASA и космические агентства других стран намерены отправлять на Луну людей, и ожидается, что в связи с этим возникнут новые продукты и услуги, как это случилось, когда мы взяли за орбиту Земли. Затем дело дойдет до всей Солнечной системы и, наконец, до звезд.

Будучи ученым, я верю, что причина, по которой мы должны исследовать космос, в том числе и за пределами нашей скромной системы, не имеет ничего общего с экономикой и вообще никак не связана с вопросами прибыли – мы просто хотим узнать больше о Вселенной, о том, что лежит там, за звездами, и как оно все устроено. Именно так появились все изобретения, на которых основана наша жизнь в XXI веке, – начинались они с того, что ученые былых времен задавали такие же глобальные вопросы, которые в ту эпоху могли иметь, а могли и не иметь никакого коммерческого смысла или приложения. Стремление расширить границы познания – такая же веская причина, как и любая другая.

Здесь, конечно, можно возразить, да и при мысли о продвижении в космос и дальше к звездам на ум немедленно приходят кое-какие скользкие вопросы этического плана. (Многие из них мы затронем в главе 3, «Межзвездные перелеты и привязка к реальности».)

Межзвездные перелеты возможны – просто сопряжены с огромными сложностями. Готовы ли мы принять этот вызов?

Вселенная ждет

Космос велик. Страшно велик. Вы просто не поверите, насколько умопомрачительно он велик. К примеру, вы сетуете, как далеко от вас аптека, — но по сравнению с космосом это сущая чепуха...

*Дуглас Адамс. Автостопом по Галактике**

Вплоть до начала 90-х годов XX века единственными, кто верил в существование планет, вращающихся вокруг иных звезд, были фанаты научной фантастики, которые пристально следили, как капитаны Кирк, Пикар, Джейнвэй, Сиско и прочие обитатели телевизора каждую неделю посещают невероятные новые миры, а Люк Скайуокер и принцесса Лея в череде захватывающих приключений восстанавливают порядок в далекой-далекой галактике. Ну, может быть, не совсем единственными. Астрономы той поры почти наверняка знали, что у других звезд тоже есть свои планеты, но доказательствами существования этих планет не распо-

* Перевод В. Баканова.

лагали и могли лишь предполагать, что наша Солнечная система не слишком отличается от всех прочих звезд Млечного Пути, то есть нашей Галактики, а также всей Вселенной*.

Первые планеты за пределами Солнечной системы, они же экзопланеты, были обнаружены в местах в высшей степени негостеприимных — на орбитах пульсаров. Пульсар — это стремительно вращающаяся нейтронная звезда, которая испускает периодические всплески излучения, в том числе радиоволн, гамма-лучей и рентгеновского излучения, с частотой примерно тысяча всплесков в секунду. Частота всплесков каждого конкретного пульсара стабильна и предсказуема, что, в теории, позволяет использовать их в астронавигации (см. главу 7, «Проектирование межзвездных кораблей»). Заметив крошечные перебои во всплесках, ученые заподозрили, что виной тому могут быть планеты, вращающиеся вокруг пульсара, и вуаля! — перед нами первое (косвенное) доказательство существования экзопланет¹. Визуальное наблюдение подтянулось следом, причем оптика была уже достаточно точной для такого рода задач, и вскоре астрономы, опираясь на доплеровское смещение спектра звезд, вызванное наличием планет, тоже начали обнаруживать экзопланеты, вращающиеся вокруг звезд, большей частью похожих на нашу**. Говоря упрощенно, как сила тяготения

* Итальянский философ Джордано Бруно (1548–1600) утверждал, что Солнце — это лишь одна из множества звезд и что у других звезд также имеются собственные планеты. За эти и прочие еретические научные воззрения он был заживо сожжен в Риме.

** Свет, испускаемый или отражаемый объектом, удаляющимся от наблюдателя, имеет чуть большую длину волны, что вызвано

звезды притягивает вращающуюся на орбите вокруг нее планету, так и масса планеты притягивает звезду. Масса звезды гораздо больше массы планеты, и потому сила притяжения планеты крайне мала по сравнению с силой притяжения звезды, мала, но не равна нулю. А потому планета, которая вращается вокруг звезды, воздействует на нее силой своего притяжения и заставляет звезду чуть-чуть смещаться в направлении планеты, слегка изменяя свое местоположение. Поскольку звезда постоянно испускает свет, эти ее колебания дают небольшое доплеровское смещение в длине световой волны. Такой подход сам по себе позволяет установить лишь нижний предел массы планеты, однако сыграл свою роль в обнаружении большого количества планет (масса которых сравнима с массой Юпитера).

Около 2000 года астрономы начали находить экзопланеты с помощью транзитного метода. Чтобы понять его суть, достаточно будет представить себе солнечное затмение. Когда Луна оказывается на одной линии между Землей и Солнцем, она отбрасывает на Землю тень, которую мы видим невооруженным глазом. А теперь представьте, что вы смотрите на нашу Солнечную систему откуда-то из-за орбиты Плутона, и, когда ваш взгляд устремляется в сторону Солнца, ваше поле зрения пересекает одна из восьми планет системы. Если

движением объекта. Свет, испускаемый или отражаемый объектом, движущимся по направлению к наблюдателю, по той же причине имеет более короткую длину волны. Увеличение или уменьшение длины волны зависит от скорости движения объекта. Это явление называется доплеровским смещением, и именно благодаря ему полицейский радар мгновенно определяет скорость вашего автомобиля и фиксирует превышение.

ваши средства наблюдения достаточно чувствительны, вы увидите, как при прохождении планеты между вашим прибором и солнцем свет чуть померкнет, потому что планета частично закроет его. Если вы будете наблюдать достаточно долго, допустим несколько земных лет, тогда, в теории, вы увидите, что одна и та же планета раз за разом обращается вокруг Солнца, заставляя его свет меркнуть с регулярными интервалами. Если же вы переведете взгляд на какую-нибудь другую звезду и возьмете еще более чувствительные приборы, тогда вы увидите, что и другие звезды ненадолго меркнут, когда ваше поле зрения пересекают вращающиеся вокруг них планеты. В этом и состоит транзитный метод. Конечно, учитывая расстояния и относительные размеры планеты и звезды, мимо которой планета проходит, мы должны будем воспользоваться довольно чувствительным прибором, способным зафиксировать мимолетное приглушение света, и дополнить его сложной программой обработки данных. Я люблю приводить такую аналогию: это все равно что пытаться определить размер комара (то есть планеты), который темной ночью летит в свете фар вашего автомобиля (то есть звезды).

Сегодня есть множество других способов поиска и изучения экзопланет, специально с этой целью были запущены различные космические миссии. В результате, по данным веб-сайта Exoplanet Exploration агентства NASA, в настоящее время подтверждено существование более чем четырех тысяч экзопланет и еще более пяти тысяч потенциальных экзопланет ждут независимого подтверждения².

А теперь все становится еще интереснее. Среди этих экзопланет есть несколько, которые размерами напоми-

нают Землю и орбита которых проходит в зоне обитаемости материнской звезды. Это значит, что такая планета не только имеет размер, близкий к земному (иногда побольше, как Нептун, иногда поменьше, как Марс), но и находится на таком же расстоянии от звезды, где не слишком жарко и не слишком холодно для того, чтобы на планете имелась жидкая вода и вещества, необходимые для жизни, какой мы ее знаем. Ученые нашли около шестидесяти потенциально обитаемых планет³. Учитывая, что мы изучали только ближайšie к Земле звезды, а в одном только Млечном Пути звезд больше ста миллиардов, можно подсчитать, что, в соответствии с имеющимися у нас сегодня данными, количество планет, размерами близких к Земле и находящихся в зоне обитаемости других звезд, составляет... барабанный бой... от одиннадцати до сорока миллиардов⁴.

Ничего себе! Это сколько же недвижимости простаивает! Надо срочно открыть, нанести на карты, исследовать! Когда вылетаем?

Отвечая на этот вопрос, мы не сможем указать конкретную дату или временной интервал. По крайней мере, пока — не сможем. Чтобы найти ответ, надо в первую очередь понять, насколько далеко от нас находятся эти экзопланеты, а также узнать побольше о том, что лежит между нами и ними. Для начала давайте порассуждаем о космических расстояниях и о том, как мы представляем себе бесконечность.

Чтобы прикоснуться к бесконечности*, выйдите на

* Ладно, Вселенная не бесконечна в буквальном смысле этого слова. Однако для практических (я подчеркиваю — практических) целей можно считать, что она близка к бесконечности как ничто иное из всего известного или виденного нами.

улицу в ясную ночь и посмотрите на звездное небо. Для этого придется отложить телефон, электронную книгу и все прочие гаджеты, а также подыскать место подальше от яркого освещения, чтобы глаза привыкли к темноте. (Горожанам придется побегать, но мы не ищем легких путей.) Отыскав подходящее место, поднимите глаза и высмотрите в небе столько светящихся точек, сколько сумеете. Кое-какие из них будут планетами нашей Солнечной системы — вы можете увидеть Марс или Юпитер, которые отражают свет Солнца. Все прочие будут звездами или звездными скоплениями, они, как и наше Солнце, испускают собственный свет. Постойте или посидите молча и подумайте о свете, который вы видите. Фотоны — частицы света, — достигшие ваших глаз, летели сквозь космос сотни, тысячи, миллионы лет, и прикосновение к вашим глазам ознаменовало окончание их пути сквозь космическую бездну.

В условиях космического вакуума свет преодолевает 186 000 миль (300 000 километров) за одну-единственную секунду. Свет, который заливает все вокруг в погожий солнечный денек, летел по космосу примерно восемь минут со скоростью 186 миль в час — ровно столько прошло между моментом, когда он покинул Солнце, и моментом, когда коснулся вашей кожи и устроил вам солнечный ожог. Восемь минут. Но сейчас ночь, и небо над вами черным-черно, поэтому подумайте о свете, который отражается от Юпитера, самой крупной планеты нашей Солнечной системы. Из-за своих размеров (вдоль его экватора можно разместить восемь планет размером с Землю) Юпитер, как правило, является одним из самых ярких объектов на ночном небе и, следовательно, отражает немалое количество света. В самой ближней

к Земле точке он отстоит от нас на 365 миллионов миль с маленьким хвостиком, и отражающийся от него свет, который вы видите, сначала примерно сорок одну минуту добирался от Солнца до Юпитера, а потом еще почти тридцать три минуты летел от Юпитера до вас — итого примерно семьдесят четыре минуты! Самая же дальняя от нас планета, Нептун, находится так далеко, что свет, отразившись от нее, достигнет ваших глаз примерно через четыре часа. А ведь по звездным меркам от нас до соседних планет буквально рукой подать.

Если вы живете в большом городе, то, скорее всего, этим ваши наблюдения и ограничатся — даже в ясную ночь. Свет уличных фонарей и автомобильных фар, свет из окон в сочетании с влажным воздухом не даст вам увидеть все то, чем дарят нас ночные небеса в менее населенных районах. Вдали от огней цивилизации обычный человек способен разглядеть в небе около двух тысяч звезд. В числе самых близких будут Альфа Центавра А и В, которые хорошо видны жителям Южного полушария. Чтобы коснуться ваших глаз, испускаемый ими свет летел больше четырех лет. Четырех! И эти звезды находятся еще сравнительно близко. Чтобы говорить о таких невероятных расстояниях, астрономы пользуются термином «световой год» — так называется расстояние, которое свет пролетает за год. Пользуясь этой единицей, можно сказать, что звезды Альфа Центавра А и В находятся в 4,35 светового года (с. г.) от Земли.

Если бы мы могли видеть лишь звезды, доступные невооруженному глазу, то и тогда сумели бы различить светила многократно более далекие, чем Альфа Центавра А и В, но более полный образ Вселенной, в которой мы живем, ускользал бы от нас. Глядя в первые телескопы,

люди наблюдали отраженный свет других планет и видели, что планеты эти — большие и круглые, как Земля, и что путь их лежит еще дальше от Солнца. Кроме того, в эти телескопы видны были звезды в изобилии, недостижимом невооруженному глазу, в том числе некие лохматые спиралевидные объекты, которые называли общим термином «туманности» и каталог которых тщательно и любовно составлял Чарльз Мессье (сегодня эти явления известны как «объекты Мессье»)⁵. До Эдвина Хаббла астрономы причисляли к этим «туманностям» и то, что мы сегодня называем галактиками. Взорвавшиеся звезды в нашей собственной галактике тоже числились по разряду «туманностей». По сути, первые телескопы были настолько несовершенны, что буквально все, походившее очертаниями на лохматое облачко пыли или газа, получало ярлык «туманность». Туманности были повсюду, и разделить их по видам не представлялось возможным.

В начале 20-х годов XX века Хаббл, работавший в обсерватории Маунт-Вилсон, воспользовался зеркалом в сто дюймов и получил снимки туманности Андромеды в небывалом для тех времен высоком разрешении, после чего обнаружил, что туманность эта на самом деле представляет собой далекое скопление звезд, очень напоминающее нашу собственную галактику Млечный Путь⁶. Спустя несколько лет он подсчитал, что эта новая галактика должна находиться по меньшей мере вдесятеро дальше, чем самые далекие от нас звезды Млечного Пути. Телескопы становились все мощнее, и все новые и новые туманности на практике оказывались далекими галактиками. Благодаря современным телескопам, один из которых носит имя того самого Эдвина Хаббла

и вращается на орбите в трехстах с лишним милях над Землей, мы теперь знаем, что во Вселенной существуют миллиарды галактик, каждая из которых включает миллиарды звезд — и многие из этих звезд мы можем «увидеть» благодаря нашим телескопам на Земле и в космосе.

Сегодня известно: многомиллиардное скопление звезд, составляющее нашу собственную галактику Млечный Путь, имеет протяженность около 100 000 световых лет. Иными словами, на то, чтобы пролететь от одного края Млечного Пути до другого, свету потребуется 100 000 лет. А одна из ближайших к нам галактик, Андромеда, отстоит от нас на два с половиной миллиона световых лет. Если вы смотрите в небо ясной сухой ночью вдали от городской засветки, тогда одна из крошечных «звездочек» у вас перед глазами будет вовсе не звездой — это галактика Андромеды. Продолжим тему прикосновения к вечности: свет Андромеды, достигший ваших глаз (то есть прикоснувшийся к вам!), летел сквозь космос больше двух миллионов лет. Увидеть его уже означает по-настоящему прикоснуться практически к вечности.

Если Альфа Центавра А и В — это ближайшие к нам звезды, а Андромеда — одна из ближайших галактик, то как обстоят дела с самыми дальними? Наш глаз способен увидеть всего около двух тысяч звезд, в первые телескопы ввиду их скромных возможностей можно было наблюдать в основном планеты да еще несколько дополнительных звезд в придачу, современные телескопы тоже ограничены возможностями технологий. Одной из самых далеких галактик, которые нам удалось увидеть, считается обнаруженная с помощью

космического телескопа «Хаббл» в 2015 году галактика EGS8p7, которая находится в 13,2 миллиарда световых лет от Земли⁷.

Если вы похожи на меня и, как я подозреваю, на людей вообще (астрономы не в счет), тогда разница в расстоянии до самых ближних и самых дальних звезд для вас практически не имеет смысла и никак не коррелирует с опытом повседневной жизни. Как, скажите на милость, сравнить расстояние до Солнца (восемь световых минут) и до Нептуна (четыре световых часа) с расстоянием до Альфы Центавра А и В, не говоря уже об Андромеде? А вот давайте попробуем — интересно же.

Для начала выберем себе линейку. Возьмем придуманную астрономами «астрономическую единицу» (а. е.), которая равна расстоянию от Земли до Солнца, то есть составляет 93 миллиона миль. На этой шкале Земля находится в 1 а. е. от Солнца. Чтобы представить это, нарисуем в воображении уменьшенную модель Солнечной системы такого размера, чтобы она помещалась в школьный класс. Пусть 1 а. е. в ней равняется одному футу (ок. 30 см). Опираясь на эту цифру, достроим воображаемую модель Солнечной системы и космоса за ее пределами*. Земля находится в 1 а. е., то есть в одном футе от Солнца; таким образом, в этих масштабах Марс расположен в $\frac{1}{2}$ фута (а. е.) от нас, а Нептун — в 30 футах (а. е.) от Земли. Вспомним, что мы регулярно запускаем на Марс ракеты, и на преодоление этой половины фута у нас уходит около семи месяцев. А «Во-

* Я выбрал имперскую систему мер потому, что длина моего ботинка составляет почти в точности 1 фут — это очень удобно. Не счесть, сколько раз я шагами вымерял нашу Солнечную систему в классных комнатах и лекционных залах.

яджер» летел до Нептуна примерно двенадцать лет. В этих масштабах ближайшие звезды (Альфа Центавра А и В) будут располагаться в 268 770 футах, или в 51 миле (ок. 82 км) от Земли. И это самые ближние к нам звезды! Посмотрите на рис. 1.1 – это лучшая попытка визуализировать расстояния, уместив их в одно изображение. На этой схеме помечены важнейшие объекты Солнечной системы, а также примерное местонахождение космического корабля «Вояджер» и звезды системы Центавра. Эту часть понять будет трудновато, единственный способ отобразить огромные расстояния такого масштаба на графике – отложить их на оси абсцисс, где каждый следующий отрезок будет в десять раз больше предыдущего.

Вопрос о том, где на этой шкале лежит галактика Андромеды, предоставляю решить вам лично... Сказать же вам я хочу вот что: космос велик. Очень велик. Невообразимо велик. Но как же тогда мы можем надеяться преодолеть эту бездну и ступить на планеты, вращающиеся вокруг иных звезд?

Для этого, опять-таки, надо мыслить большими категориями. Сейчас объясню. Межзвездные перелеты – задача не для робких духом. Нужно помнить, что от планеты, вращающейся вокруг иной звезды, нас отделяет не только расстояние, которое нужно преодолеть, чтобы пересечь космические бездны. Вы, может быть, думаете иначе, но космос – это не вакуум с разбросанной тут и там горсткой планет и звезд. Прежде чем даже просто серьезно задуматься о том, чтобы отправиться в путь, нужно вспомнить, что еще лежит между нами и нашей целью, а также куда мы намерены отправиться.

Во-первых, космос – это не пустота, а почти пусто-

та. Солнце, которое расположилось в центре нашей Солнечной системы, служит не только источником тепла и света, а значит, жизни, но и гравитационным якорем, вокруг которого вращаются восемь планет, пять известных нам карликовых планет (к ним относится Плутон, а также Церера, Хаумеа, Макемаке и Эрида), а также сотни тысяч астероидов и комет. Солнце – самый крупный объект нашей системы, причем лидирует оно с большим отрывом; по его диаметру можно расположить сто девять планет размером с Землю, и еще останется место, а если говорить об объеме, то потребуется миллион таких планет. На долю Солнца приходится почти вся масса Солнечной системы – 99,8 процента. Юпитер, самая крупная из планет, мог бы вместить от силы 1300 планет размера Земли. Среди прочих планет часть превосходит Землю размером, часть – уступает ей. Сложив массы всех этих планет, карликовых планет, астероидов и комет, мы получим те самые недостающие 0,2 процента массы Солнечной системы – и то не полностью.

Именно эта недостающая доля процента и может послужить источником проблем для межзвездных кораблей, когда они станут покидать нашу систему и входить в другую, – а возможно, хоть и в меньшей мере, подпортит им и путешествие сквозь межзвездную бездну. После возникновения Солнечной системы – а также в результате столкновений (как давным-давно, так и в наше время) астероидов, комет и планет – в системе осталась куча метеороидов и пыли. Мелкие камушки и песчинки носятся по Солнечной системе со скоростью более 20 км/с (ок. 12 миль в секунду), а иные делают и все 50 км/с. Они могут представлять опасность как для уже существующих космических кораблей, так и для звездолетов,

которые мы когда-нибудь построим. Маленькие метеороиды весят от 10^{-9} до 10^{-2} г и ввиду своей скорости обладают изрядной кинетической энергией. Так, например, метеороид весом с песчинку, летя на скорости 20 км/с, имеет кинетическую энергию равную 2200 джоулям, что в тринадцать раз больше, чем у пули, выпущенной из винтовки 22-го калибра, потому что пуля летит гораздо медленнее. Столкнувшись с препятствием, и пуля, и метеороид производят разрушения, потому что их энергия движения — та самая кинетическая энергия, о которой шла речь выше, — в точке столкновения и далее переходит в тепловую и разрушает препятствие.

Вам случалось видеть падающую звезду? На самом деле это какая-то мелочь, которая входит в атмосферу Земли на высокой скорости и там сгорает. Замедляясь, эта мелочь начинает нагревать атмосферу, сквозь которую летит, и за счет этого теряет кинетическую энергию, а сама начинает светиться — так и получается яркий росчерк, который мы видим на небе. Хотите верьте, хотите нет, но каждый год Земля становится тяжелее на 20 000–40 000 тонн именно за счет падающей на нее пыли и метеоритов (метеоритом называют метеороид, вошедший в атмосферу)⁸.

А мы все еще считаем, что космос — это по большей части пустота. Кто-то может подумать, что раз мы, люди, невероятно малы по сравнению с Землей, а Земля невероятно мала по сравнению с Солнцем и Юпитером, но каждый год к этому добавляются тонны пыли и камушков, которые падают на Землю, значит Солнечная система буквально набита массой. Но все не совсем так. Хотя она и не пуста, но полна метеороидов и пылинок, которые носятся туда-сюда, порой падают на Землю, а порой

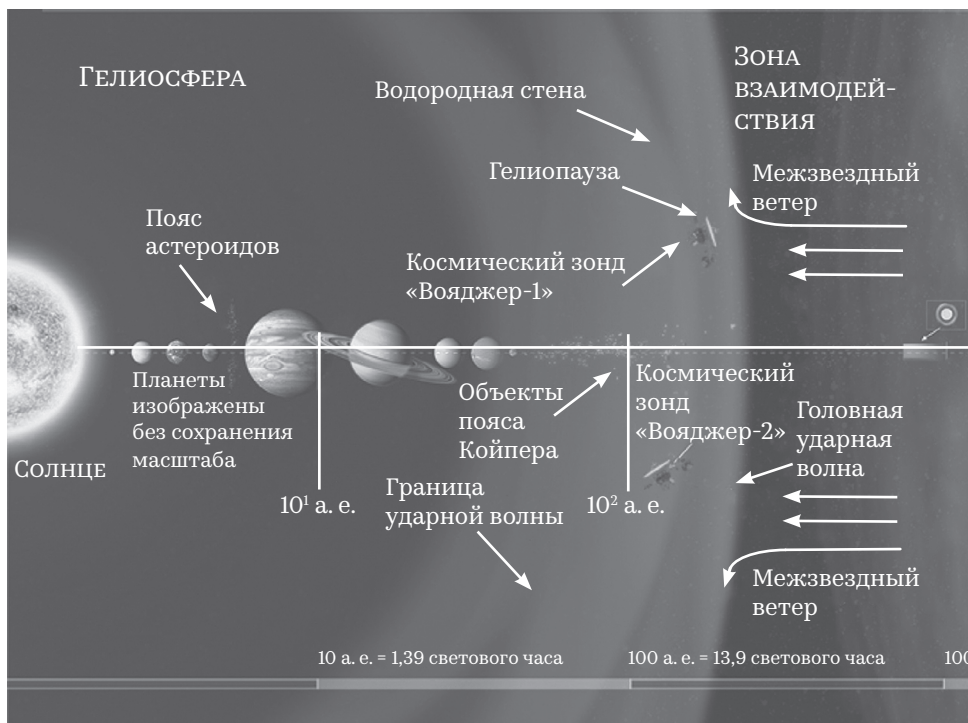
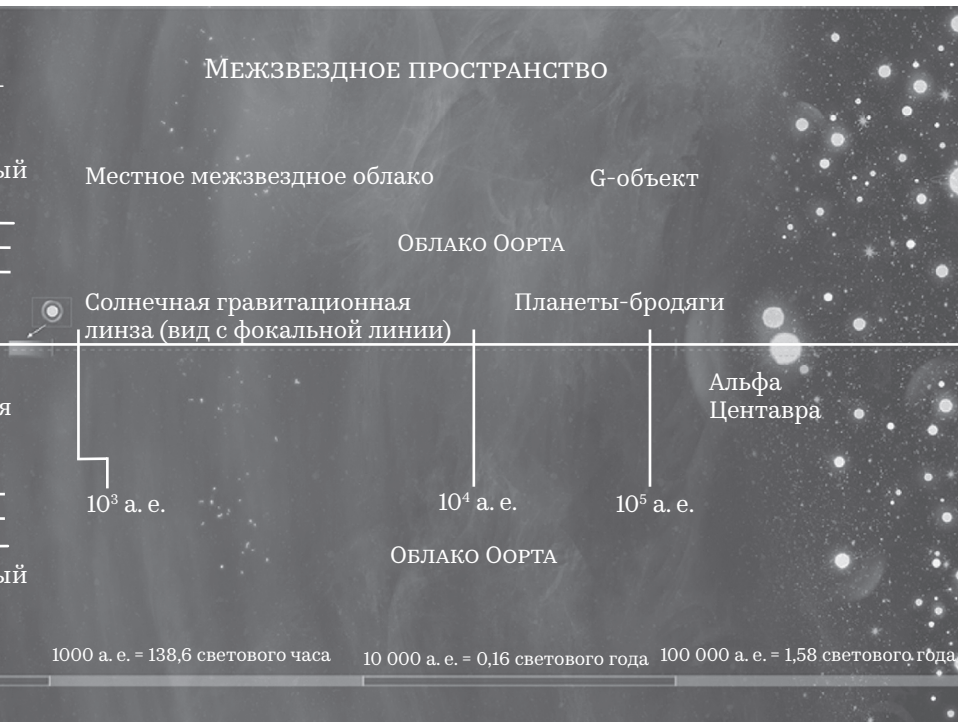


Рисунок 1.1. Межзвездные расстояния в масштабе. Изобразить расстояние до ближайшей звезды в одном рисунке очень трудно – спасибо ребятам из Института космических исследований Кека за творческий подход к вопросу. Слева направо расстояние от Солнца до других объектов отложено в виде шести равных отрезков, каждый следующий из которых соответствует расстоянию в десять раз большему, чем предыдущее. Это называется логарифмической шкалой. То, что расположено на третьем отрезке, находится в десять раз дальше, чем то, что на втором, и в сто – чем то, что на первом. Масштаб продолжает вырастать в десять раз на каждом шагу до самой Альфы Центавра, и то, что расположено на последнем отрезке, находится в 100 000 раз дальше, чем то, что на первом. Институт космических исследований Кека / Чак Картер



врезаются в космические корабли, причем с самыми разными последствиями — от щербинки на корпусе до провала всей миссии. Если мы планируем лететь к звездам, в планах обязательно следует учесть возможность столкновения с природными космическими телами.

К счастью, мы довольно неплохо представляем себе расположение крупных космических тел (планет, карликовых планет, астероидов и комет), и если учтем размеры Солнечной системы, то увидим, что вероятность столкновения с любым из них при полете внутри системы крайне мала независимо от скорости, с которой мы летим. Пыль и метеороиды — совсем другое дело. Они малы, они повсюду, они представляют и будут пред-

ставлять опасность для космического корабля. Но есть и хорошие новости: вероятность столкновения космического корабля, даже крупного, с пылинкой или песчинкой, которая сможет причинить ему серьезный вред, до смешного мала. До сих пор это случилось лишь однажды, с «Маринером 4»⁹. Заметим, однако, что вероятность такого столкновения является функцией от расстояния, на которое вы путешествуете. А как уже говорилось выше, расстояния, уже преодоленные нашими космическими кораблями, невообразимо малы по сравнению с теми, которые им придется одолеть, чтобы добраться до других звезд. Дайте достаточно времени, и даже самое маловероятное событие может произойти в реальности — а значит, во время перелета, который длится много лет, велика вероятность столкновения с чем-нибудь крупным.

И это еще не все, что можно сказать об истинной начинке космического «вакуума».

Солнце — это не только гравитация и свет; оно выбрасывает в Солнечную систему тонны водорода и гелия, частицы которых летят со скоростью от 185 до 500 миль в секунду — иногда мы называем это явление солнечным ветром¹⁰. Если бы радиация солнечного ветра достигла поверхности Земли, биосфера и сама жизнь на Земле понесли бы серьезный ущерб. Однако магнитное поле Земли выступает в роли щита и отклоняет частицы, заставляя их огибать планету. Сила солнечного ветра воздействует на магнитное поле Земли таким образом, что с освещенной солнцем стороны оно прогибается внутрь, а на ночной стороне, наоборот, выпирает наружу. Эти же шустрые частицы солнечного ветра могут вывести из строя электронику и даже сам космический корабль, по-

степенно или в один прием, особенно в период солнечной бури (то есть периода повышенных радиационных выбросов со стороны Солнца – проще говоря, когда Солнце изрыгает из себя высокоэнергетические радиационные облака высокой плотности, размером больше всей нашей планеты, и облака эти летят прочь и могут повредить Землю, или космический корабль, или и то и другое сразу). Специалисты, которые разрабатывают космические миссии, следят за тем, чтобы электронная начинка корабля могла выдерживать высокий уровень радиации, но полностью оградить ее от влияния радиоактивности, конечно, не могут. Если электроника на космическом корабле будет достаточно долго подвергаться воздействию радиации, рано или поздно она не выдержит.

Солнечная система и межзвездное пространство пронизаны магнитными полями. Мы знаем, что вследствие определенных физических процессов расплавленное железное ядро Земли создает магнитное поле, благодаря которому ваш компас всегда указывает на север; эти же процессы обеспечивают Солнце обширнейшим магнитным полем, которое выходит далеко за пределы системы, захватывает все ее планеты и простирается далеко за их орбитами. Сочетание солнечного магнитного поля и солнечного ветра создает гелиосферу, а граница гелиосферы называется гелиопаузой (в этом месте создаваемое солнцем радиационное давление, направленное вовне, уравнивается давлением поступающей снаружи, из глубокого космоса, радиации, испускаемой другими звездами Млечного Пути). Многие (но не все!) считают, что по гелиопаузе проходит граница, отделяющая Солнечную систему от межзвездного пространства¹¹.

Эти межзвездные магнитные поля являются условием возникновения еще одной составляющей межзвездного пространства: галактических космических лучей (ГКЛ) — частиц, которые движутся с высокими энергиями сквозь космическое пространство. Скорее всего, ГКЛ возникают, когда где-нибудь в Галактике взрывается звезда — от места взрыва разлетаются огромные облака высокоэнергетических и ионизированных атомов, которые, оказавшись в космосе, получают дополнительное ускорение от межзвездных магнитных полей, после чего энергия этих атомов еще возрастает. Они немногочисленны, но при длительном воздействии могут разрушать электронные приборы и наносить вред живым организмам. (Подробнее о ГКЛ и их воздействии на межзвездные корабли мы поговорим в главе 7.)

А ведь есть еще и межзвездный водород. Выше мы упомянули гелиопаузу — область, в которой давление солнечной радиации, направленной вовне и состоящей в основном из водорода, примерно уравнивается давлением радиации извне, испускаемой прочими звездами Млечного Пути. Это означает, что межзвездное пространство вокруг Солнечной системы наполнено водородом, который испустили другие звезды и небесные тела. Плотность его невелика — в межзвездном пространстве она составляет в среднем один атом водорода на кубический сантиметр¹². При полете на очень больших скоростях эти атомы водорода становятся почти неотличимы от протонов, которые движутся от Солнца, имея высокую энергию; медленное движение космического корабля под ударами быстро летящих атомов водорода (например, от Солнца) ничем не отличается от быстрого движения космического корабля сквозь мед-

ленно движущиеся атомы водорода. Это разреженное облако атомов может плохо сказываться на целостности двигателей как минимум одного нового типа, однако об этом мы поговорим позднее.

Итак, для того чтобы понять, что нас ждет впереди, нам предстоит ответить на множество вопросов.

- Как узнать, на какие экзопланеты следует лететь? Какие из них могут быть похожи на Землю?
- Как нам до них добраться, учитывая огромные расстояния и наши текущие знания о физике и о законах природы?
- Мы хорошо понимаем, как устроен глубокий космос в нашей собственной Солнечной системе, но что нас ждет, когда мы пересечем гелиопаузу и пустимся в далекий путь между звезд?
- Когда и как мы сможем это сделать?