

Наука
для всех

В.П. Решетников

ПОЧЕМУ НЕБО ТЕМНОЕ

Как устроена Вселенная



Владимир Петрович Решетников

Почему небо темное. Как устроена Вселенная

Издательский текст

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=4962697

Почему небо темное. Как устроена Вселенная: Век 2; Фрязино; 2012

ISBN 978-5-85099-189-0

Аннотация

В книге рассказывается о том, как на протяжении нескольких столетий ученые пытались выяснить, почему ночью темно. Оказывается, этот вопрос связан с самым общим устройством нашей Вселенной – с тем, конечно она во времени и в пространстве или бесконечна, расширяется ли она на самом деле и из чего состоит. В книге подробно обсуждаются основные наблюдательные факты, лежащие в основе современной космологии, и история их открытия.

Для всех, кто интересуется астрономией и космологией – от старшеклассников до специалистов в других областях науки.

Содержание

Введение	4
Глава 1	6
1.1. Ночное небо	6
1.2. Главная загадка ночного неба	10
1.3. Рождение загадки: Коперник и Диггес	14
1.4. От Галилея до Галлея	23
1.5. Шезо и Ольберс	29
1.6. Динамическая Вселенная Эдгара По	34
Конец ознакомительного фрагмента.	36

Владимир Петрович Решетников

Почему небо темное.

Как устроена Вселенная

Введение

Нет ничего сложнее «детских» вопросов. Почему небо голубое, а трава зеленая? Почему у людей две ноги, а у кошек четыре?.. Ответы на такие вопросы требуют либо хорошего чувства юмора¹, либо детального знания предмета.

Моя книга посвящена одному из таких «детских» вопросов – почему ночное небо темное? При всей внешней наивности этот вопрос затрагивает представления о самом общем устройстве нашей Вселенной – конечна ли она в пространстве и во времени, когда во Вселенной возникли первые объекты? Темнота ночного неба, вполне очевидный и простой факт, является на самом деле важнейшим и исторически самым первым космологическим наблюдением, сыгравшим свою роль в нашем понимании окружающего мира.

Для большинства людей подобные вопросы, по-видимому, уже не очень интересны. Еще в детстве мы получаем стандартный набор ответов на стандартные детские вопросы об устройстве окружающего мира. Эти ответы являются в целом правильными, но зачастую очень скучными и малопонятными. Школьный курс астрономии, если он вообще был, очень краток и, в преддверии окончания школы и проблемы выбора будущей профессии, обычно проходит почти незамеченным. В итоге уровень астрономических, да и любых естественно-научных знаний в обществе очень низок. Лучшее доказательство этому – ежедневные астрологические прогнозы по телевидению и в газетах, шоу экстрасенсов, шумиха, устраиваемая по поводу солнечных и лунных затмений, не говоря уже о запуске Большого адронного коллайдера... Достаточно спросить кого-либо о причине смены времен года – в лучшем случае собеседник ответит что-нибудь вроде того, что Земля то приближается к Солнцу, то удаляется. А о том, что в разных полушариях времена года наступают в разное время, люди вроде бы знают, но не задумываются о возникающем противоречии. Да что там времена года – социологические опросы показывают, что многие наши современники считают, что Солнце вращается вокруг Земли!

Впрочем, так было всегда – каждому следующему поколению кажется, что уровень образования все время падает. Конечно, это не может быть верным, так как человечество все-таки развивается. Однако, похоже, что средний уровень знаний об окружающем нас мире и о законах, им управляющих (к этим знаниям не относятся умение включить компьютер или завести машину), почти не меняется. Одним из средств борьбы с таким непреходящим невежеством являются научно-популярные книги. Желательно, конечно, чтобы они были очень хорошими и увлекательными как, например, книги Карла Сагана или Стивена Вайнберга, но и не столь блестящие книги могут быть полезными.

К сожалению, на русском языке не так уж и много популярных книг, в которых доступно и не слишком бегло объяснялись бы основные теоретические и экспериментальные факты, на которых базируется современная картина мира. Недостатком многих книг является попытка «объять необъятное», приводящая к чересчур упрощенному и схематичному изложению. В результате у читателей складывается представление о науке, как о неупо-

¹ Например, «Человек раздвоен снизу, а не сверху, – для того, что две опоры надежнее одной» (Козьма Прутков).

рядоченном складе разрозненных фактов, разбавленных голословными утверждениями теоретиков.

Чтобы не скатиться в такое слишком популярное изложение, я расскажу лишь об одной проблеме – о том, почему ночью темно, или, другими словами, о фоне ночного неба. Даже эта, казалось бы, частная тема на самом деле очень обширна, и мне придется затронуть многие важные вопросы современной космологии и внегалактической астрономии.

Разбираясь с загадкой ночного неба, мы сначала познакомимся со многими мыслителями прошлого, обратившими внимание на эту проблему. Некоторые из этих знакомств будут неожиданными – например, мы встретимся с возможным прототипом принца Гамлета и с Эдгаром Алланом По. Подробно рассказать обо всех участниках этой истории просто невозможно и поэтому особое внимание будет уделено относительно малоизвестным обстоятельствам.

Далее будут суммированы основные наблюдательные факты и предположения о структуре нашей Вселенной, а затем будет рассказано о том, как решается загадка ночного неба современной наукой. Местами эта книга может показаться немного сложной, но перед вами не просто популярная, а все-таки научно-популярная книга.

Глава 1

История фотометрического парадокса

1.1. Ночное небо

Когда я гляжу на небосклон, кишащий звездами, у меня из головы вылетают даже те скупые сведения по астрономии, которые были.
Станислав Ежи Лец

Вид ясного ночного неба – одно из очень немногих зрелищ, на которые можно смотреть бесконечно. Имеется в виду не городское небо, на котором из-за мощной подсветки, кроме Луны и ярчайших звезд, ничего не видно. На небо надо смотреть вдали от городов, а еще лучше – в горах.

Созерцание темного небосвода, усыпанного мерцающими звездами, его величественное вращение – все это доставляет колоссальное эстетическое удовольствие. Во все времена вид звездного неба служил источником вдохновения для поэтов, писателей и художников.

Иногда авторы используют вид неба и его восприятие литературным героем в «корыстных» целях – чтобы лучше охарактеризовать состояние персонажа. Например, Манфред, герой поэмы Джорджа Байрона, разочаровавшись в жизни и в человечестве, смотрит на небо:

Сверкают звезды, – снежные вершины
Сияют в лунном свете. – Дивный вид!
Люблю я ночь, – мне образ ночи ближе,
Чем образ человека; в созерцанье
Ее спокойной, грустной красоты
Я постигаю речь иного мира.

(пер. И. Бунина)

А вот как это сделал Александр Куприн:

«Я лег на спину и долго глядел на темное, спокойное, безоблачное небо, – до того долго, что минутами мне казалось, будто я гляжу в глубокую пропасть, и тогда у меня начинала слабо, но приятно кружиться голова. А в душу мою сходил какой-то томный, согревающий мир. Кто-то стирал с нее властной рукою всю горечь прошедших неудач, мелкую и озлобленную суету городских интересов, мучительный позор обиженного самолюбия, никогда не засыпающую заботу о насущном хлебе».

Со словами Куприна перекликаются строчки Афанасия Фета:

На стоге сена ночью южной
Лицом ко тверди я лежал,
И хор светил, живой и дружный,
Кругом, раскинувшись, дрожал.
Земля, как смутный сон немая,
Безвестно уносилась прочь,
И я, как первый житель рая,
Один в лицо увидел ночь.

Я ль неся к бездне полуночной,
Иль сонмы звёзд ко мне неслись?
Казалось, будто в длани мощной
Над этой бездной я повис.

Иногда поэты просто любят звездным небом:

...Взгляни, как небосвод
Весь выложен кружками золотыми;
И самый малый, если посмотреть,
Поет в своем движении, словно ангел,
И вторит юношеским херувимам.

(В. Шекспир)

или

Небесный свод, горящий славой звездной,
Таинственно глядит из глубины —
И мы летим, пылающею бездной
Со всех сторон окружены.

(Ф. Тютчев)

Древнеримский писатель и философ Сенека в I веке н. э. выразил свое восхищение красотой неба так: «Если бы на Земле было только одно место, откуда видно звездное небо, то к нему со всех концов стекались бы толпы людей, жаждущих увидеть это чудо». Почти через два тысячелетия Сенеке вторит другой философ – Иммануил Кант: «Мироздание с его неизмеримым величием, с его сияющими отовсюду бесконечными разнообразием и красотой приводит нас в безмолвное изумление», или, одно из его самых известных высказываний, – «Две вещи наполняют душу всегда новым и все более сильным удивлением и благоговением, чем чаще и продолжительнее мы размышляем о них, – это звездное небо надо мной и моральный закон во мне».

Изменилось бы что-нибудь в нашей жизни, если бы звездное небо не было бы видно с поверхности Земли? Вопрос звучит странно, поскольку большинство людей никак не связывают воспринимаемые чисто эстетически пятнышки на темном небе с чем-либо практическим и полезным. Пострадали бы, конечно, литература и поэзия, лишившись важного источника вдохновения, но были бы и гораздо более существенные последствия, заключающиеся в том, что, вполне вероятно, развитие науки и человеческой цивилизации в целом было бы сильно заторможено. Чуть утрируя, можно сказать, что без звезд на небе, возможно, сейчас не было бы ни телевидения, ни интернета, ни мобильных телефонов, а также многого другого, без чего невозможно представить современную жизнь. Все это, скорее всего, было бы создано, но *позднее*.

Очень важной особенностью небесных явлений, резко отличающей их от полной случайностей обыденной жизни человека, является их периодичность и предсказуемость. Наблюдения за этими явлениями – за движением Луны и ее фазами, перемещением Солнца, суточным вращением небесной сферы, систематическим изменением звездного узора в течение года – дали древнему человеку практическую возможность ориентации во времени и пространстве. Изучение небесных закономерностей позволило впервые сформулировать представление о существовании непреложных законов, управляющих окружающим миром. Развитие этих идей привело к возникновению науки в современном понимании. Хресто-

матийным примером является открытие Исааком Ньютоном закона всемирного тяготения на основе астрономических данных о движении Луны. Величайшие математики прошлого – Эйлер, Лагранж, Лаплас, Гаусс, Пуанкаре – создавали новые математические методы и оттачивали уже существующие при решении чисто астрономических задач, связанных с описанием видимых перемещений небесных объектов. Именно это имел в виду Альберт Эйнштейн, когда писал, что «интеллектуальные орудия, без которых было бы невозможно развитие современной техники, пришли в основном от наблюдения звезд».

Вот как об этом же писал Анри Пуанкаре: «Сколько раз физики могли пасть духом от множества испытываемых неудач, если бы в них не поддерживал веры блестящий пример успеха астрономов! Этот успех показывал им, что природа подчинена законам... Мало того. Астрономия не только открыла нам существование законов; она научила нас, что эти законы непреложны, что идти против них невозможно. Сколько времени понадобилось бы нам для усвоения этой мысли, если бы мы знали только земной мир?..»

Мир, в котором не видно звезд, описан братьями Стругацкими в романе «Обитаемый остров»: «Небо здесь было низкое и какое-то твердое, без этой легкомысленной прозрачности, намекающей на бездонность космоса и множественность обитаемых миров, – настоящая библейская твердь, гладкая и непроницаемая». Уникальные свойства атмосферы этой планеты – большое поглощение и сильная рефракция – привели ее обитателей к такой картине вселенной: «Обитаемый остров был Миром, единственным миром во вселенной. Под ногами аборигенов была твердая поверхность Сферы Мира. Над головами аборигенов имел место гигантский, но конечного объема газовый шар неизвестного пока состава и обладающий не вполне ясными пока физическими свойствами... Короче говоря, обитаемый остров существовал на внутренней поверхности огромного пузыря в бесконечной тверди, заполняющей остальную вселенную». Понятно, что наука на этой планете находилась на довольно низком уровне.

В 1941 году главный редактор журнала «Astounding Science Fiction» Джон Кэмпбелл показал Айзеку Азимову высказывание Ральфа Улдо Эмерсона: «Если бы звезды появлялись на небе лишь в одну ночь за тысячу лет, как бы истово веровали люди! На многие поколения сохранили бы они память о Граде Божьем...»

– Как ты думаешь, – спросил Кэмпбелл Азимова, – если бы и в самом деле люди видели звезды раз в тысячу лет, что бы происходило?

Азимов пожал плечами.

– Да они бы с ума сходили! – заявил Кэмпбелл. – Иди домой и пиши рассказ.

Через две недели Азимов принес рассказ «Приход ночи». Его действие происходит на планете, входящей в систему из шести звезд, и лишь раз в примерно две тысячи лет складываются условия, когда на несколько часов планета погружается во тьму – пять ее солнц находятся под горизонтом, а шестое затмевается спутником. Обитатели планеты, никогда не видевшие звезд – о них существуют лишь легенды – и никогда подолгу не бывавшие в темноте, с ужасом ждут прихода ночи. И она приходит... Цивилизация гибнет в огне пожаров, зажженных обезумевшими от страха людьми. А затем начнется новый двухтысячелетний цикл развития, к исходу которого обитатели планеты только-только успеют открыть закон всемирного тяготения и осознать, что их ждет новый Апокалипсис, который снова откинет их цивилизацию в почти первобытное состояние. Рассказ Азимова, конечно, преувеличение, однако он очень рельефно подчеркивает значение созерцания и исследования ночного неба для формирования мировоззрения человека и развития науки.

А теперь, после описаний красот ночного неба и обсуждения его важности, я вынужден разочаровать читателя – речь в этой книге пойдет не о том, что мы видим на небе, а о том,

что мы на нем *не видим*. Это звучит, конечно, странно, поскольку мы чаще задумываемся о том, что видим, чем о том, что не видим.

В XIX веке известный французский физик и астроном Жак Бабинэ назвал кометы «видимым ничто». Основанием для такого заключения послужила очень низкая плотность вещества кометы по сравнению с ее колоссальными размерами и яркостью. Перефразируя высказывание Бабинэ, можно сказать, что фон неба – это «невидимое нечто». Это «нечто», и почему оно «невидимое», составляют основное содержание книги.

1.2. Главная загадка ночного неба

Погасите эту тьму!
Станислав Ежи Лец

Представим себе простейший, интуитивно принимаемый почти всеми, вариант мироустройства – вечная бесконечная Вселенная, равномерно заполненная звездами². Именно так представлял себе Вселенную, например, Джордано Бруно: «Это пространство мы называем бесконечным, потому что нет основания, расчета, возможности, смысла или природы, которые должны были бы его ограничить; в нем находится бесконечное множество миров, подобных нашему...», а задолго до него Эпикур: «Беспредельна Вселенная как по множеству тел, так и по обширности пустоты». А вот поэтический взгляд на бесконечную Вселенную:

Ночью я открываю мой люк и смотрю, как далеко
разбрызганы
в небе миры,
И все, что я вижу, умноженное на сколько хотите, есть
только
граница новых и новых вселенных.
Дальше и дальше уходят они, расширяясь, всегда
расширяясь,
За грани, за грани, вечно за грани миров.

Как далеко ни смотри, за твоею далью есть дали.
Считай, сколько хочешь, неисчислимы года.

(Уолт Уитмен)

Представление о бесконечности окружающего мира кажется очень естественным. Ведь, действительно,

...коль признать, что пространство вселенной конечно,
То если б кто-нибудь вдруг, разбежавшись в стремительном
беге,
Крайних пределов достиг и оттуда, напрягши все силы,
Бросил с размаху копье, то, – как ты считаешь? – оно бы
Вдаль полетело, стремясь неуклонно к намеченной цели,
Или же что-нибудь там на пути ему помешало?

(Тит Лукреций Кар)

В I веке до н. э. Лукреций сформулировал и другой аргумент в пользу бесконечности Вселенной:

...если все необъятной вселенной пространство
Замкнуто было б кругом и, имея предельные грани,

² Когда впервые была осознана эта загадка, мир считался состоящим из звезд. Сейчас мы знаем, что основными «кирпичиками» Вселенной являются не звезды, а галактики. Однако для формулировки парадокса это не важно, поскольку галактики состоят из звезд.

Было б конечным, давно уж материя вся под давлением
 Плотных начал основных отовсюду осела бы в кучу,
 И не могло бы ничто под покровом небес созидаться;
 Не было б самых небес, да и солнца лучи не светили б,
 Так как материя вся, оседая все ниже и ниже
 От бесконечных времен, лежала бы сбившейся в кучу.

Заменяем у Лукреция слово «давление» на «гравитация» и получаем описание гравитационной неустойчивости. Вот, к примеру, как об этом же писал Ньютон: «Мне представляется, что если бы вещество нашего Солнца и планет, да и все вещество Вселенной было бы равномерно рассеяно по всему небу, и каждая частица обладала бы внутренне присущим ей тяготением ко всем остальным, а все пространство, по которому было бы рассеяно это вещество, было бы конечным, то вне этого пространства вещество под действием своего тяготения стремилось бы ко всему веществу внутри него и, следовательно, падало бы к центру пространства и образовало бы там одну гигантскую сферическую массу».

Итак, пусть бесконечная стационарная Вселенная равномерно заполнена звездами, причем n — среднее число звезд в единице объема, а L — средняя светимость одной звезды, то есть полная энергия, излучаемая ею в единицу времени во всех направлениях. Рассмотрим звезду на расстоянии r от Земли. Освещенность, то есть поток энергии, приходящийся на единицу площади, от этой звезды на поверхности Земли равна

$$E(r) = L/4\pi r^2 \quad (1)$$

Смысл этой формулы очень прост — излучаемая звездой энергия распределяется по поверхности сферы радиуса r , площадь которой равна $4\pi r^2$.

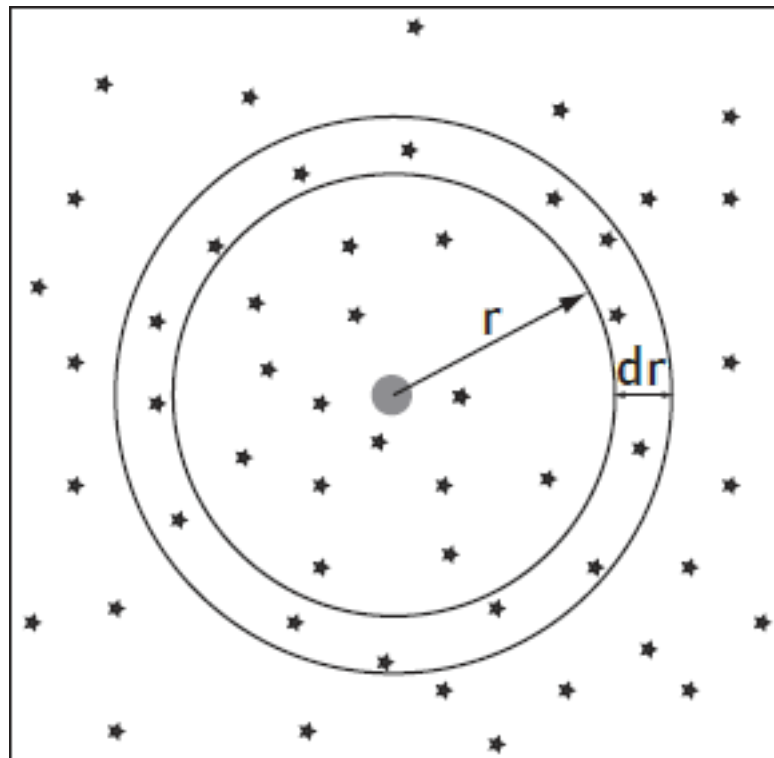


Рис. 1. Сферический слой, вырезанный в бесконечной Вселенной

Теперь рассмотрим окружающий Землю концентрический слой радиусом r и толщиной dr — см. рис. 1. Объем этого слоя равен $4\pi r^2 dr$ (это просто произведение площади сферы радиуса r на толщину слоя) и, следовательно, в нем находятся $n \cdot 4\pi r^2 dr$ звезд. В итоге получаем, что полная освещенность от звезд этого слоя

$$dE(r) = n \cdot 4\pi r^2 dr \cdot L/4\pi r^2 = nLdr \quad (2)$$

Любопытный факт — мы обнаружили, что суммарная освещенность от звезд, расположенных в каком-либо сферическом слое, зависит только от толщины этого слоя (dr), и не зависит от расстояния до него. Причиной является то, что, по мере удаления слоя, уменьшение освещенности от составляющих его звезд в точности компенсируется ростом числа звезд в слое (формула (2)).

Таким образом, если мы разбили Вселенную на слои одинаковой толщины, то каждый такой слой дает одинаковый вклад в освещенность на Земле. Вселенная бесконечна, а, значит, и число таких слоев бесконечно. Отсюда простой вывод — освещенность, создаваемая всеми объектами бесконечной Вселенной, бесконечна. Результат обескураживающий. Бесконечная яркость ночного неба очевидным образом противоречит повседневному опыту. Парадокс?

Попробуем сделать нашу модельную Вселенную более реалистичной. Учтем, что звезды не являются математическими точками, а имеют хотя и очень малый, но конечный угловой размер. Например, угловой размер нашего Солнца с расстояния 1 парсек (примерно 3.3 светового года) равен 0."01 (одна сотая угловой секунды) — величина, безусловно, очень маленькая, но не нулевая. Это означает, что ближайшие к нам звезды загораживают более далекие и экранируют их излучение. Для иллюстрации этого утверждения обычно используют сравнение заполненного звездами пространства с густым лесом. Находясь в глубине леса, вы со всех сторон окружены деревьями. Если лес небольшой, то между стволами деревьев будут видны просветы. Если же лес очень большой и густой, то стволы ближайших деревьев сплошной стеной прикроют от вас все, что находится вдали.

Следовательно, в бесконечной Вселенной любой луч зрения рано или поздно упрется в диск какой-нибудь звезды и поэтому ночное небо должно равномерно сверкать как диск типичной звезды. Это уже лучше, чем бесконечная яркость, однако совсем не похоже на реальное ночное небо. Действительно, предположим, что Солнце — обычная средняя звезда (это и в самом деле близко к действительности). Тогда небосвод, точнее, полусфера, доступная наблюдениям, должен сиять примерно в 100 000 раз ярче, чем Солнце. Столь мощное излучение сделало бы невозможным не только обсуждение яркости ночного неба, но и вообще исключило бы появление жизни на нашей планете.

Описанный парадокс был осознан уже несколько столетий назад. Он носит название *фотометрического парадокса* или *парадокса Ольберса*. Как будет ясно из дальнейшего, Ольберс был далеко не первым исследователем, обратившим внимание на эту загадку, но, к сожалению, очень часто законы, формулы и вообще любые открытия носят имена не своих первооткрывателей — вспомним, к примеру, открытие Америки. Английский физик Майкл Берри в шутку сформулировал *принцип Арнольда* (в честь знаменитого русского математика В. И. Арнольда): если какой-нибудь предмет или понятие имеет персональное имя, то это — не имя первооткрывателя.

В свою очередь, *принцип Берри* гласит, что принцип Арнольда применим и к самому себе³.

³ Наглядным подтверждением справедливости принципа Берри является то, что принцип Арнольда по сути дублирует сформулированный в 1980 году так называемый *закон эпонимии Стиглера* — ни одно открытие не носит имя того ученого, который его сделал. Сам Стиглер при этом ссылается на то, что формулировка этого закона принадлежит великому социологу

Очевидно, что существование фотометрического парадокса означает, что с нашей модельной Вселенной что-то не в порядке и надо отказаться от одного из исходных предположений. Значит, Вселенная может быть ограниченной во времени и в пространстве, звезды могут быть распределены не равномерно, а каким-то специальным образом, Вселенная может быть не стационарной, а находиться в процессе расширения или сжатия. Все эти и другие соображения неоднократно высказывались при анализе фотометрического парадокса.

Именно об этом – о том, когда была осознана загадка ночного неба, и как на протяжении нескольких столетий пытались ее решать, – и пойдет речь в первой части этой книги. Фотометрический парадокс никогда не был модным направлением исследований и на протяжении многих лет находился, по сути, на периферии интересов астрономов и физиков. Тем более любопытно, что решать этот парадокс пытались многие известные ученые.

1.3. Рождение загадки: Коперник и Диггес

Бедные гении, они вынуждены были открывать то, что мы проходим в школе.

Неизвестная школьница

Коперниканская революция, которую зачастую считают своего рода эталоном научных революций, на самом деле свершилась очень буднично и прошла для современников почти незамеченной. По преданию считается, что в последний день своей жизни – 24 мая 1543 года – смертельно больной Николай Коперник успел прикоснуться к экземпляру своей только что отпечатанной книги. Эта книга – «О вращениях небесных сфер» – подытоживала результаты его жизни и знаменовала собой важнейший шаг в интеллектуальной жизни человечества. Однако умирающий Коперник уже вряд ли осознавал, что происходит вокруг него и что он держит в своих руках. По свидетельству современника Николай Коперник умер от «кровотечения и последовавшего за ним паралича правой стороны тела, задолго до этого впав в беспамятство и потеряв ясность ума».

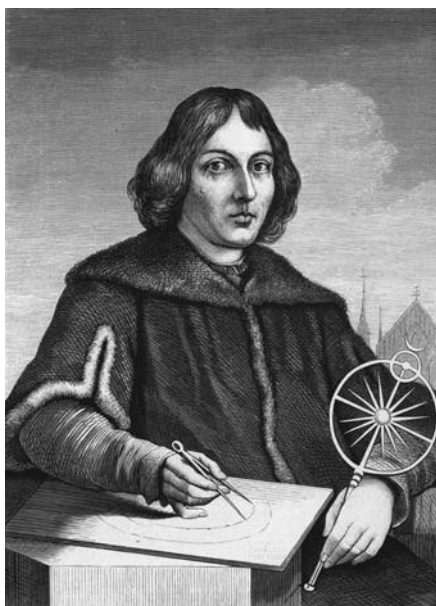


Рис. 2. Николай Коперник (1473–1543)

Со школы мы знаем, что Коперник предложил гелиоцентрическую систему мира, то есть установил, что не Солнце движется вокруг Земли, а все планеты, включая Землю, обращаются вокруг находящегося в центре Солнца. По сути это правда, но не совсем точно. На самом деле гелиоцентрическая модель Солнечной системы вполне серьезно рассматривалась еще в Древней Греции. Например, по свидетельству Архимеда еще в III веке до н. э. Аристарх Самосский принимал, что «...неподвижные звезды и Солнце остаются неподвижными, а Земля движется вокруг Солнца по окружности круга, в центре которого лежит Солнце...» Коперник узнал об этой идее из сочинений древних авторов и его основной заслугой является то, что у него хватило смелости поверить в реальность такой картины мира и довести ее до детальной численной модели, позволяющей производить расчеты положений планет на небесной сфере. На основе новой системы мира Коперник сделал ряд предска-

ний (сходство между планетами и Землей, фазы Меркурия и Венеры и др.), которые позднее были блистательно подтверждены Галилеем в ходе телескопических наблюдений.

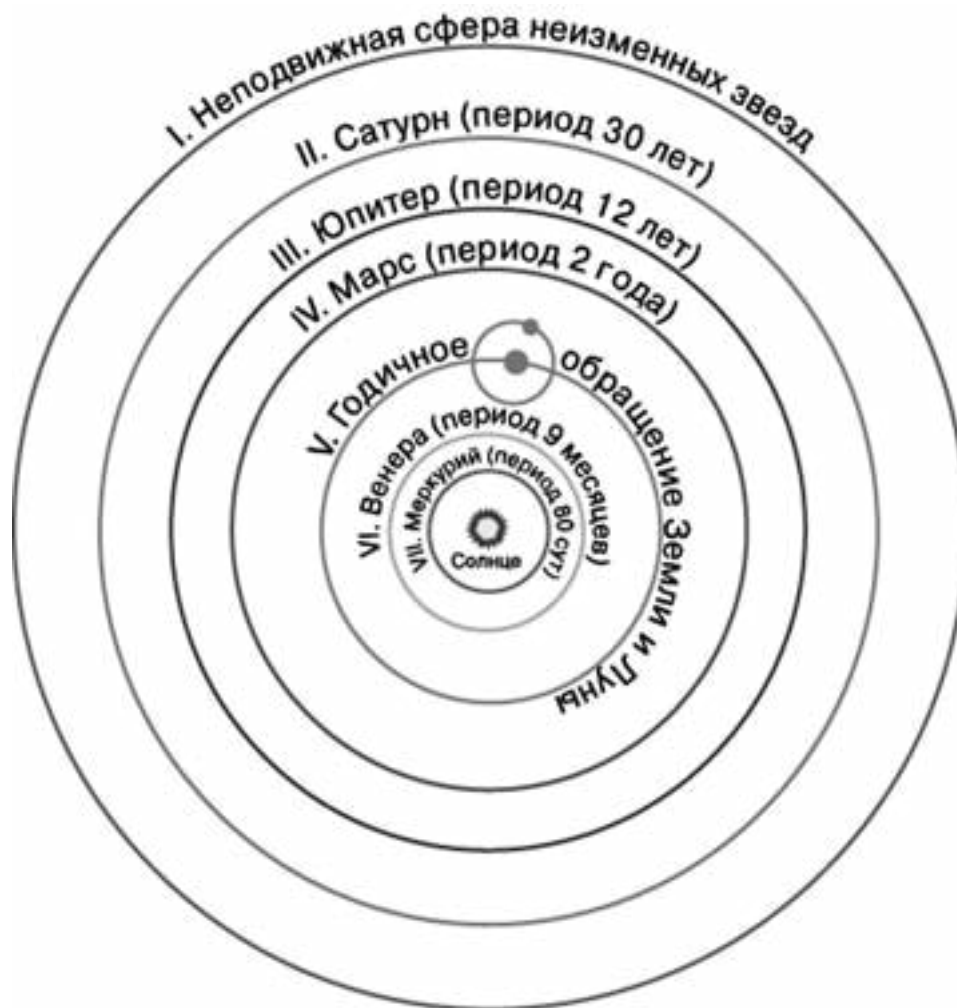


Рис. 3. Система мира Коперника

В предисловии к «О вращениях небесных сфер» Коперник писал: «...после того как в течение долгого времени я обдумывал ненадежность математических традиций относительно установления движений мировых сфер, я стал досадовать, что у философов не существует никакой более надежной теории движений мирового механизма...». Его досада станет вполне понятной, если вспомнить, что в господствовавшей в то время геоцентрической модели мира Птолемея, усовершенствованной арабскими астрономами, для описания видимых положений Солнца, Луны и планет требовалось 77 кругов.

Чрезмерная сложность (увеличение точности наблюдений все время требовало увеличения количества используемых кругов – эпициклов и деферентов – для описания видимых движений планет) системы Птолемея побудила Коперника «перечитать книги всех философов, которые только мог достать, желая найти, не высказывал ли когда кто-нибудь мнения, что у мировых сфер существуют движения, отличные от тех, которые предполагают преподающие в математических школах». И, действительно, у Цицерона и Плутарха он нашел упоминания о таких «мнениях». Таким образом, приняв идею вращения Земли вокруг Солнца, «после многочисленных и продолжительных наблюдений обнаружил, – пишет Коперник, – что если с круговым движением Земли сравнить движения и остальных

блуждающих светил и вычислить эти движения для периода обращения каждого светила, то получатся наблюдаемые у этих светил явления. Кроме того, последовательность и величины светил, все сферы и даже само небо окажутся так связанными, что ничего нельзя будет переставить ни в какой части, не произведя путаницы в остальных частях и во всей Вселенной».

Итак, Николай Коперник перевернул систему мира и переместил человека из центра Вселенной на одну из обращающихся вокруг Солнца планет. Однако в новой картине мира сохранились и многие элементы старой системы. Мир Коперника – не бесконечная Вселенная, он велик, но все-таки конечен и замкнут. Согласно Копернику, планеты перемещаются с помощью вполне материальных кристаллических сфер, причем «наивысшей из всех является сфера неподвижных звезд, содержащая самое себя и все и поэтому неподвижная».

Парадоксально, но публикация книги Коперника не привлекла в его время особого внимания. Были резкие нападки (например, Мартин Лютер называл Коперника «спятившим астрологом» и «дураком, жаждущим опрокинуть все здание астрономии»), однако большинство современников либо заняли выжидательную позицию, либо признали, что система Коперника имеет определенные достоинства как математическая схема для расчета положений светил, но не более того. Лишь в начале XVII века (в первую очередь, в связи с открытиями Галилея) церковь в полной мере осознала революционный характер труда Коперника, и в 1616 году книга «О вращении небесных сфер» была внесена в индекс запрещенных книг римско-католической церкви.

Следующий шаг по пути к современной картине мира – удаление сферы неподвижных звезд и рассмотрение бесконечной Вселенной – обычно связывают с именем Джордано Бруно. Итальянский философ и поэт прожил яркую и трагическую жизнь, закончившуюся в 1600 году на костре инквизиции. Одним из важнейших достижений Бруно является пропаганда учения Коперника и создание картины бесконечной Вселенной, заполненной бесчисленными мирами, подобными нашей Солнечной системе. В 1584 году он издал работу «О бесконечности, вселенной и мирах», в которой провозгласил, что «вселенная не имеет предела и края, но безмерна и бесконечна», «существует подобие между всеми звездами, между всеми мирами и... наша земля имеет такое же соотношение с другими землями», «на этих мирах обитают живые существа, которые возделывают их».

Однако честь разрушения сферы неподвижных звезд принадлежит не Бруно, а другому мыслителю – английскому математику и астроному Томасу Диггесу, ставшему первым публичным защитником идей Коперника в Англии. Томас Диггес не относится к числу ученых, чьи имена мы знаем со школьной скамьи, и даже профессиональные астрономы, как правило, не знают, кем он был и что он сделал. О Диггесе написано не очень много и поэтому стоит рассказать о нем и о его замечательной семье, члены которой внесли вклад в самые разные области человеческой деятельности, немного подробнее.

Томас Диггес (ок. 1546–1595) был сыном известного английского математика Леонарда Диггеса (1520–1559), которого иногда упоминают в качестве предполагаемого изобретателя теодолита и телескопа. За свою недолгую жизнь Леонард Диггес опубликовал несколько книг, содержащих сведения по математике, астрономии, метеорологии, геодезии. Эти книги, в отличие от традиции того времени писать о науке на латыни, были написаны на английском языке, что обусловило их широкое распространение и популярность.

Томас Диггес получил начальное образование под руководством отца. После смерти Леонарда (Томасу тогда исполнилось всего четырнадцать лет) его дальнейшее математическое образование прошло под присмотром знаменитого Джона Ди (1527–1608) – доверенного лица королевы Елизаветы I, придворного астролога, астронома, математика, переводчика трудов Евклида, картографа, архитектора, навигатора и даже, как предполагают, секретного агента Британской короны. (Во время войны Англии с Испанией Джон Ди подписывал свои секретные донесения британской королеве «007». Два нуля обозначали «только

для Ваших глаз», а цифра семь была загадочным каббалистическим числом. Создатель Джеймса Бонда писатель Ян Флеминг, в течение многих лет состоявший «на секретной службе Ее Величества», несомненно, знал об этом.)

В своей научной деятельности Томас Диггес пошел по стопам отца и, помимо астрономии и математики, занимался очень широким кругом вопросов – от навигации и топографии до артиллерии и фортификации. Томас неоднократно переиздавал книги Леонарда Диггеса, внося в них свои изменения и дополнения, и поэтому иногда сложно понять, какие результаты были получены отцом, а какие – сыном.

Одно из главных астрономических достижений Томаса Диггеса связано со сверхновой 1572 года (SN 1572). Эту сверхновую часто называют сверхновой Тихо Браге, поскольку после ее обнаружения знаменитый датский астроном по его словам сразу же «начал измерять ее положение и расстояния до ближайших звезд Кассиопеи и старательно замечать видимые глазом характеристики – видимый размер, форму, цвет и так далее». Кроме того, Тихо Браге оказался единственным астрономом, внимательно отслеживавшим падение ее блеска⁴ на протяжении многих месяцев, сравнивая ее сначала с Юпитером, а затем – с более слабыми звездами (рис. 4)

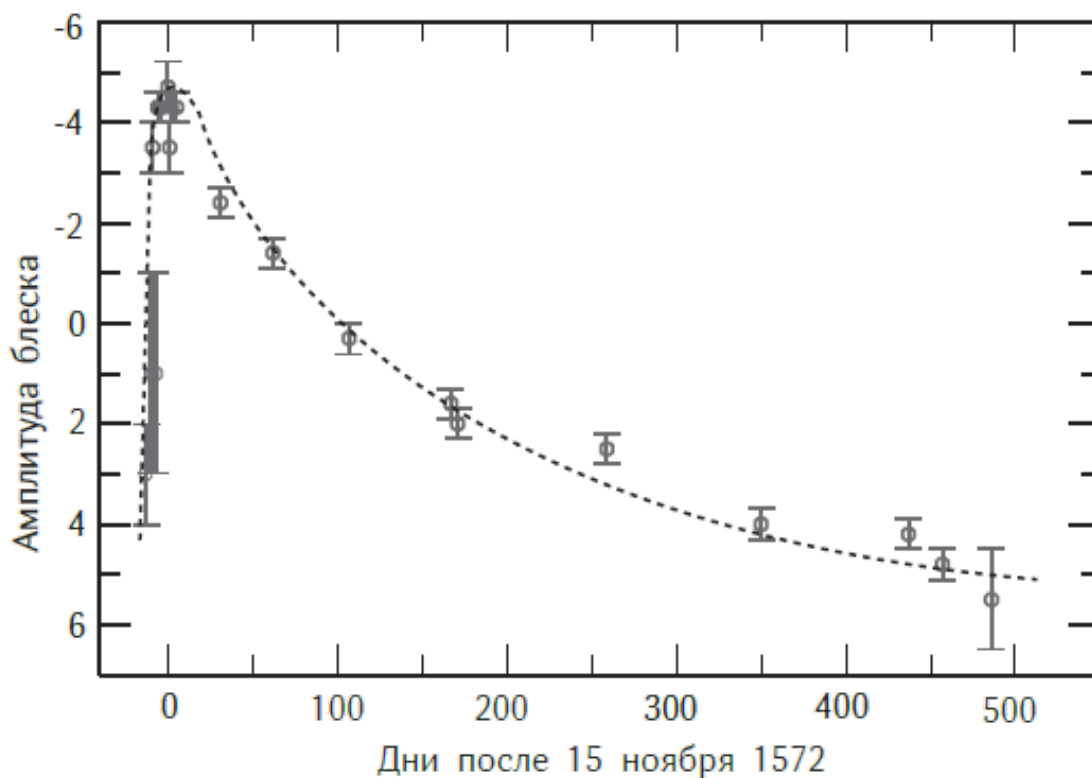


Рис. 4. Кривая блеска SN 1572 по визуальным наблюдениям астрономов XVI века. Все измерения после пика яркости выполнены Тихо Браге. Детальное изучение подобных звезд и их кривых блеска позволило в XX веке открыть ускоренное расширение Вселенной.

⁴ Кривая блеска – изменение видимой звездной величины небесного объекта со временем, а видимая звездная величина – это безразмерная характеристика освещенности (п. 1.2). Для звезд понятия звездная величина, блеск и яркость часто используются как синонимы.

Появление на небосводе «новой» звезды (в максимуме блеска она была сравнима с Венерой и была видна даже днем) вызвало огромный интерес, как среди астрономов, так и среди населения. Многие исследователи (в их числе учитель Кеплера Михаил Местлин и Джон Ди) пытались определить ее точные координаты и параллакс⁵. Занимался подобными наблюдениями и Томас Диггес. В 1573 году он опубликовал книгу, в которой суммировал результаты своих наблюдений. Используя очень простые инструменты вроде «посоха Якова» (две перекрещенные рейки, одна из которых скользит по другой – рис. 5), он измерил угловые расстояния новой звезды от 6 звезд созвездия Кассиопея. В 1977 году английские астрономы Стефенсон и Кларк сравнили результаты определения координат SN 1572 Диггесом и Тихо Браге с положением центроида остатка вспышки сверхновой. Оказалось, что координаты, полученные обоими исследователями (они, кстати, были ровесниками), совпадают с положением радиоисточника и оптической туманности на месте взрыва сверхновой. Неожиданным же оказалось то, что, несмотря на большой разброс индивидуальных измерений Диггеса, среднее положение сверхновой по его данным оказалось существенно более точным, чем у Тихо Браге. Исследователи заключили, что, скорее всего, в измерения или в обработку данных Тихо вкралась небольшая систематическая ошибка, которой не было у Диггеса.



Рис. 5. Посох Якова (иллюстрация из «Практической навигации» Джона Селлера, 1672 год). На протяжении многих столетий «посох» оставался одним из основных инструментов астрономов.

⁵ Параллакс – изменение направления на светило при наблюдениях из разных точек (видимое изменение положения небесного светила вследствие перемещения наблюдателя). Суточный параллакс – разница в направлениях на светило из центра Земли и из точки на поверхности Земли. Другими словами, это угол, под которым со светила виден радиус Земли.

Помимо координат SN 1572, Томас Диггес попытался оценить и ее суточный параллакс и получил, что он не превышает двух угловых минут. Из этого следовало, что звезда находится значительно дальше Луны, параллакс которой равен примерно 1° . Сходные результаты были получены и другими астрономами (в первую очередь – Тихо Браге) и они означали, что, вопреки учению Аристотеля, в мире звезд также могут происходить большие изменения.

Результаты наблюдений сверхновой позволяют отнести Томаса Диггеса к одним из самых выдающихся наблюдателей своего времени. Однако самый значительный вклад в астрономию Диггес внес в качестве популяризатора системы Коперника.

В 1576 году он переиздал популярный альманах своего отца «*Prognostication Everlasting*», оставив основной текст без изменений, но добавив несколько приложений. Самое важное из приложений – это работа «*A Perfit Description of the Caelestiall Orbes, according to the most aunciente doctrine of the Pythagoreans, lately revived by Copernicus and Geometrical Demonstrations approved*» (примерный перевод названия – «Совершенное описание небесных сфер в соответствии с древней доктриной пифагорейцев, возрожденной Коперником, подкрепленное геометрическими демонстрациями»). В этой небольшой работе Диггес дает краткое изложение книги Коперника и приводит собственную диаграмму гелиоцентрической системы (рис. 6). Кардинальное отличие этой схемы от рассмотренной ранее Коперником – отсутствие сферы неподвижных звезд. Согласно Диггесу, звезды, природу которых он, впрочем, не конкретизирует, находятся от Солнца на разных расстояниях, заполняя бесконечное пространство. Любопытно, что Диггес не пишет, что это его собственная диаграмма, и поэтому многие читатели должны были решить, что идея бесконечной Вселенной также принадлежит Копернику.

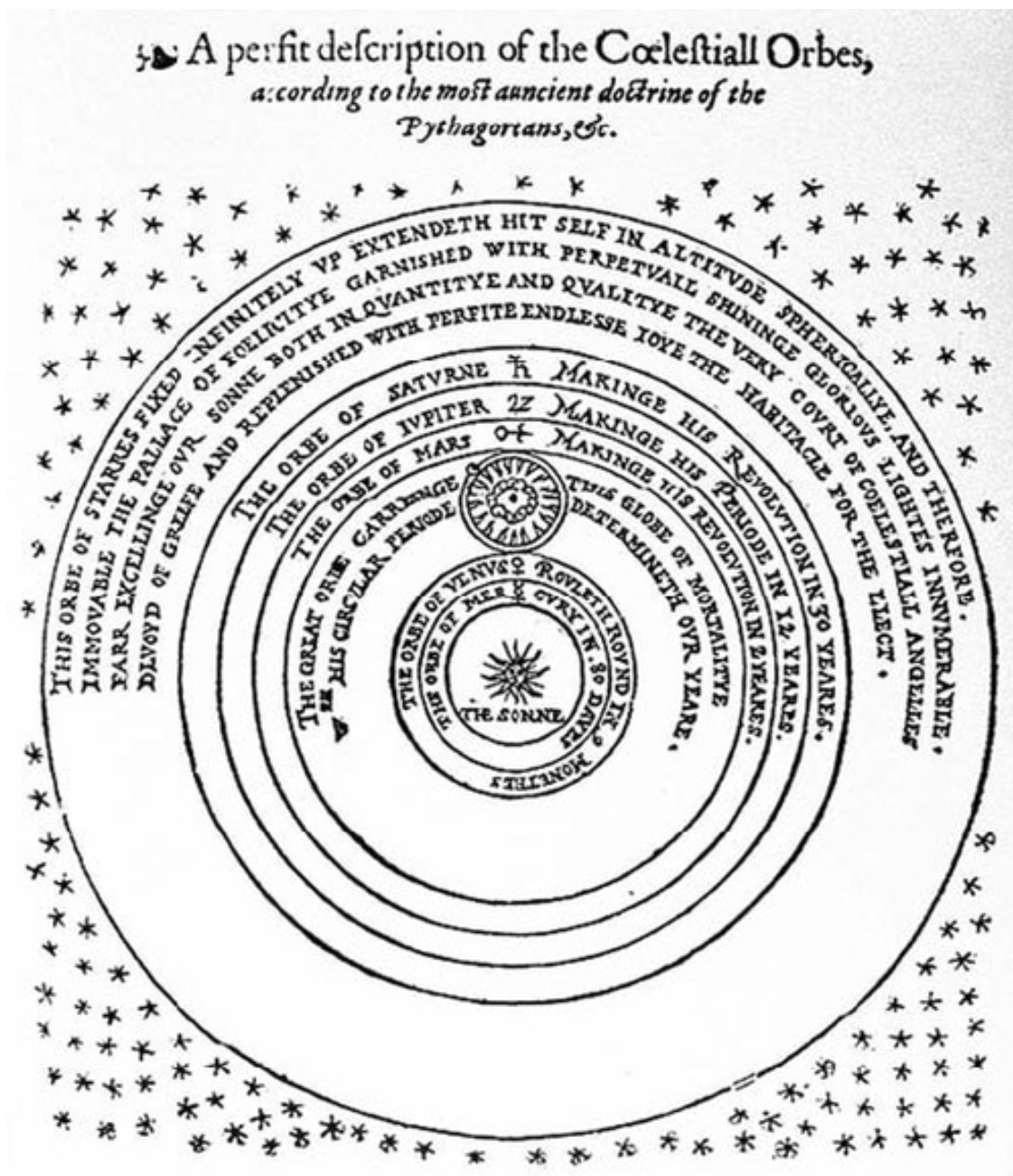


Рис. 6. Строение Вселенной по Томасу Диггесу (1576 год).

Примерный перевод надписи на диаграмме:

«Эта сфера звезд простирается бесконечно во всех направлениях. Нерушимый дворец счастья украшен бесчисленными, вечными и великолепными огнями, превосходящими наше Солнце по количеству и качеству и (он является вместилищем) беспечальных небесных ангелов, наполненных прекрасной бесконечной радостью, это дом элиты»

Работа Томаса Диггеса, написанная на английском языке, способствовала широкому распространению идеи Коперника в Англии. Предполагается, что и Джордано Бруно, живший в Англии с 1583 по 1585 годы, скорее всего, был знаком с книгой Диггеса. Именно ему – Джордано Бруно – принадлежит следующий шаг по пути к современной картине мира – признание звезд объектами, подобными нашему Солнцу.

Диггес считал, что количество звезд бесконечно, но мы наблюдаем лишь ограниченное их число, поскольку большинство звезд находятся слишком далеко и потому они слишком слабы для наблюдений: «the greatest part rest by reason of their wonderfull distance invisible unto us». Известный британский космолог Эдвард Харрисон считает, что тем самым Томас Диггес оказался первым исследователем, осознавшим, что темнота ночного неба нуждается в объяснении. Предложенное самим Диггесом решение было, конечно, неверным, хотя оно и казалось в его время очевидным.

Помимо астрономии Томас Диггес занимался военными и прикладными вопросами, заседал в парламенте, строил гавань и замок в Дувре, принимал активное участие в войне Англии с Нидерландами. Оставили след в истории и два сына Диггеса. Один из них – сэр Дадли Диггес (1583–1639) – стал известным политиком и государственным деятелем (в Канаде есть мыс и острова Диггеса, названные в его честь Генри Гудзоном, другом Дадли). Другой сын – Леонард Диггес (1588–1635) – был поэтом и переводчиком, возможно знавшим Шекспира (известны два стихотворения Леонарда в память о Шекспире).

Заканчивая рассказ о начале истории фотометрического парадокса, хочется упомянуть, что имя Шекспира связано не только с сыном Томаса Диггеса, но и с ним самим. Первая связь вполне очевидна – после смерти Томаса его вдова Энн снова вышла замуж, причем ее вторым мужем в 1603 году стал Томас Рассел, близкий друг Шекспира, назначенный им исполнителем своего завещания (душеприказчиком). Другая связь менее формальна, довольно неожиданна, и она потребует от читателя определенного чувства юмора.

В 1996 году американский астрофизик Питер Ашер выдвинул гипотезу, что Томас Диггес является прототипом принца Гамлета в пьесе Шекспира. Согласно Ашеру, пьеса «Гамлет» в аллегорической форме описывает столкновение четырех различных космологических моделей, известных на рубеже XVI и XVII веков, – геоцентрической системы Птолемея, гелиоцентрической системы Коперника, гелиоцентрической системы, модифицированной Диггесом (бесконечная Вселенная без сферы неподвижных звезд) и, наконец, компромиссной модели Тихо Браге (эта модель соединяла в себе черты гео- и гелиоцентрических систем).

Персонажи «Гамлета» по Ашеру расшифровываются так: Клавдий, король Датский, конечно же, Клавдий Птолемей, и он воплощает царствующую, но уже отжившую геоцентрическую систему; система Тихо Браге воплощена через Гильденстерна и Розенкранца (это имена предков Тихо, изображенные на его портрете, посланном для распространения в Англию), казнь которых в Англии символизирует гибель этой гибридной системы; сам Гамлет – это, конечно, Томас Диггес. Персонажа, олицетворяющего Коперника, в пьесе нет, но его косвенное присутствие можно обнаружить в желании Гамлета возвратиться в Виттенберг на учебу, причем Клавдий препятствует этому. Ашер объясняет, что университет в Виттенберге (Германия) был одним из первых оплотов коперниканства (там работал Ретик – единственный ученик Николая Коперника, оказавший значительное содействие в публикации его главного труда). Причина, по которой Шекспир зашифровал основную тему пьесы – казнь Джордано Бруно в 1600 году («Гамлет», как предполагается, был написан в 1600–1601 годах).

В тексте «Гамлета» Ашер находит многочисленные детали, подтверждающие, по его мнению, астрономическую интерпретацию пьесы. Например, словами «О боже, я бы мог замкнуться в ореховой скорлупе и считать себя царем бесконечного пространства, если бы мне не снились дурные сны» (пер. М. Лозинского) Гамлет прямо упоминает бесконечность Вселенной; в словах Первого могильщика «В писании сказано: «Адам копал»; как бы он копал, ничем для этого не вооружась?» («Адам копал» – в оригинальном тексте «Adam digged») Ашер видит упоминание Адома́ра Диггеса, предка Томаса Диггеса и т. п.

И даже более – Ашер полагает, что Шекспир был знаком с Томасом Диггесом, от которого он узнал о фазах Венеры, лунных кратерах, солнечных пятнах, о многочисленных звездах, невидимых человеческому глазу. Сам же Томас знал обо всем этом от отца, который, как я уже упоминал, иногда называется в качестве предполагаемого изобретателя телескопа. Описания всех этих видимых только в телескоп явлений Ашер тоже усматривает в тексте «Гамлета», что, конечно, свидетельствует скорее об изобретательности автора гипотезы, чем о реальном подтексте Шекспира:

Я не по звездам мыслю и сужу;
Хотя я астрономию и знаю...

(В. Шекспир, сонет 14, пер. А.М. Финкеля)

Однако... еще раньше следы гелиоцентрической системы увидела в «Гамлете» и другой астроном – Сесилия Пейн-Гапошкина. Несомненно, «Гамлет» остается одним из самых загадочных произведений мировой литературы.

1.4. От Галилея до Галлея

*С другой стороны телескопа —
ну как?
Все то же, все так же —
космический мрак.*
Станислав Ежи Лец

1609 и 1610 годы были особым временем в истории астрономии и науки вообще. Никогда еще на памяти человечества за столь короткий срок не было совершено столь много открытий. Эти открытия были сделаны с помощью телескопа итальянским физиком и математиком Галилео Галилеем, однако не надо забывать и о немецком астрономе Иоганне Кеплере, который в 1609 году опубликовал порвавшее с многовековой традицией доказательство того, что планеты обращаются не по круговым орбитам, а по эллипсам.

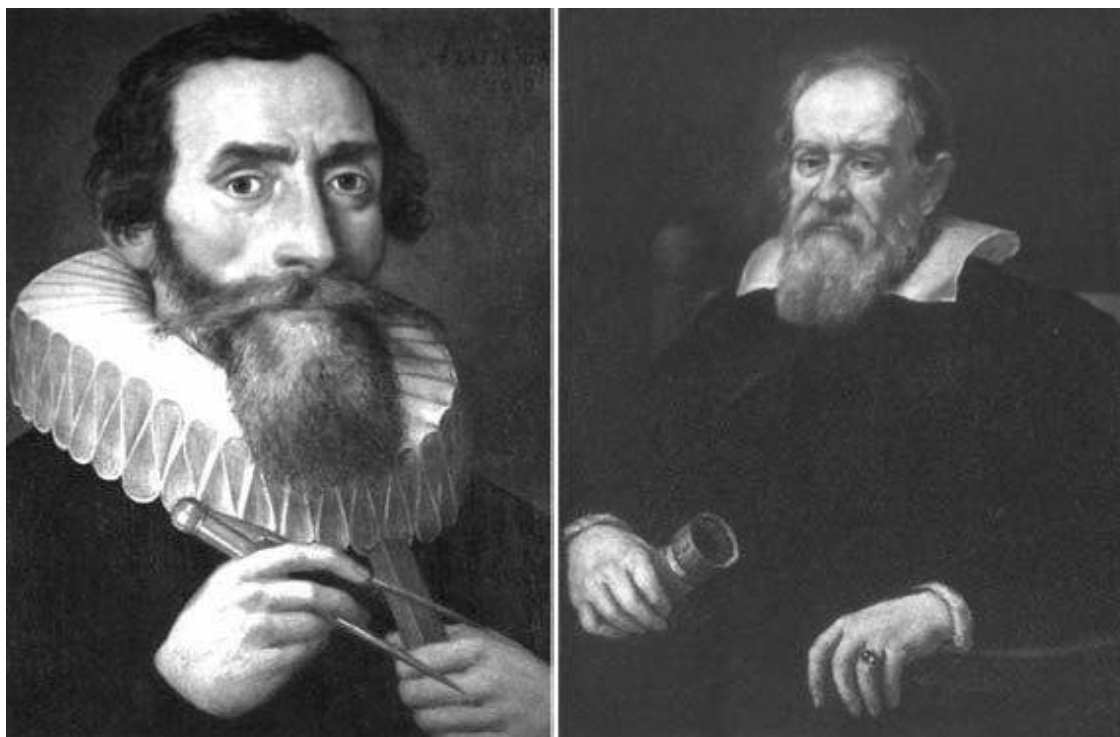


Рис. 7. Иоганн Кеплер (1571–1630) и Галилео Галилей (1564–1642)

В начале XVII века в Европе появились первые зрительные трубы. История их изобретения не вполне ясна и, возможно, первые экземпляры таких инструментов появились еще в конце XVI века. Иногда упоминается, что первый телескоп был сооружен голландским очковых дел мастером Захарием Янсенсом в 1604 году по модели некоего итальянца, на которой было написано «аппо 1590». Другой возможный изобретатель – Иоганн (Ханс) Липперсгей, голландский очковый мастер немецкого происхождения.



Рис. 8. Анри Детуш. «Галилей и дож Леонардо Донато» (XIX век)

О том, что произошло летом 1609 года, пусть расскажет сам Галилей: «...Венецию, где я тогда находился, достигли новости, что синьору графу Маврицию была представлена одним голландцем оптическая труба, в которую удаленные предметы были видны столь совершенно, как будто они были совсем близко. Больше ничего в этом сообщении добавлено не было. Узнав об этом, я вернулся в Падую, где тогда проживал, и начал размышлять над этой задачей. В первую же ночь после моего возвращения я ее решил, и на следующий день изготовил инструмент, о коем и сообщил в Венецию тем же самым друзьям, с которыми предшествующий день я рассуждал о сем деле. Я принялся затем тотчас же за изготовление другого, более совершенного инструмента, который и привез шесть дней спустя в Венецию. Здесь в него с большим удивлением смотрело почти все высшее дворянство этой республики непрерывно в течение больше месяца...». На рис. 8 приведена репродукция картины XIX века, иллюстрирующая слова Галилея. На ней показан один из вечеров августа 1609 года, когда Галилей демонстрировал свою зрительную трубу дожу Венеции.

В конце 1609 года Галилео Галилей начал систематические наблюдения неба в свой телескоп и уже в марте 1610 года он опубликовал знаменитый «Звездный вестник» («Sidereus Nuncius»), суммировавший результаты его первых исследований. На Луне Галилей обнаружил горы, у Юпитера он открыл 4 спутника (тем самым в системе Юпитера он усмотрел подобие Солнечной системы). Сравнивая телескопические изображения звезд и планет, Галилей обнаружил, что они выглядят очень по-разному: звезды остались мерцающими точками, в то время как планеты предстали в виде четко очерченных кружков. Позднее Галилей открыл фазы Венеры, пятна на Солнце, странную форму Сатурна, связанную, как выяснилось позднее, с его знаменитыми кольцами.

Одно из самых известных открытий, описанных в «Звездном вестнике» и имеющих непосредственное отношение к теме этой книги, – Млечный Путь «является не чем иным, как собранием многочисленных звезд, расположенных группами. В какую бы его область ни направить зрительную трубу, сейчас же взгляду представляется громадное множество звезд, многие из которых кажутся достаточно большими и хорошо заметными. Множество же более мелких не поддается исследованию».

8 апреля 1610 года экземпляр книги Галилея попал в руки Иоганна Кеплера, бывшего в то время придворным математиком императора Рудольфа II в Праге. (К сожалению, красиво звучащая должность не приносила Кеплеру особого материального достатка.) А уже к 19

апреля Кеплер завершил «Разговор со звездным вестником, недавно ниспосланным смертным Галилео Галилеем, падуанским математиком» – своего рода развернутую рецензию на книгу Галилея.

В своем «Разговоре» Кеплер абсолютно доверяет тому, что увидел Галилей в свой телескоп: «Может быть, я покажусь слишком смелым, если так легко поверю твоим утверждениям, не подкрепляясь никаким собственным опытом. Но почему же мне не верить ученойшему математику, о правоте которого свидетельствует самый стиль его суждений, который далек от суетности и для стяжения общего признания не будет говорить, что он видел то, чего на самом деле не видел, не колеблясь из любви к истине противоречить распространеннейшим мнениям».

Комментируя открытие Галилеем огромного количества слабых звезд, Кеплер пишет: «Ты, не колеблясь, утверждаешь, что число видимых звезд превышает 10 000. Но чем больше их и чем плотнее они располагаются на небе, тем правильнее моя аргументация против неограниченности мира, приведенная в книге «О новой звезде»... Там доказывается, что населенный людьми уголок мира с Солнцем и планетами занимает особое положение, в силу чего невозможно, чтобы с какой-нибудь неподвижной звезды открывалась такая же картина мира, как с нашей Земли или с Солнца». И далее: «Во сколько же раз будут превосходить по своим видимым размерам Солнце 10 000 малых дисков, слитых воедино? Если это верно и если те Солнца того же рода, что и наше Солнце, то почему бы им всем, взятым вместе, не превосходить по блеску наше Солнце? Как может быть свет, изливаемый всеми далекими Солнцами на открытые пространства, столь слаб, что наше Солнце, стоит лишь его лучам проникнуть в закрытую комнату через отверстие, проколотое кончиком тонкой иглы, по блеску превосходит неподвижные звезды в том виде, в каком мы видим их на почти безграничном удалении за стенами комнаты?»

На основе подобной аргументации Кеплер делает вывод, что многочисленные звезды, открытые Галилеем, гораздо слабее Солнца, иначе их суммарный блеск затмил бы его: «тело нашего Солнца по блеску в не поддающееся оценке число раз превосходит все неподвижные звезды, вместе взятые» и «...наш мир – не просто один из членов стада, содержащего бесконечно много других миров».

Вселенная Кеплера – это вспышка света в окружающем мраке. Она представляет собой сферу неподвижных звезд, в середине которой находится Солнце с вращающимися вокруг него планетами. Эта Вселенная конечна – она окружена со всех сторон темной стеной, которую мы видим в просветах между звездами.

Как видно из предыдущего, Кеплер, по сути, сформулировал фотометрический парадокс (бесконечное множество подобных Солнцу далеких звезд должны затмить Солнце) и предложил его решение – Вселенная ограничена в пространстве и содержит конечное количество звезд.

В XVII столетии был еще один удивительный для науки год. В 1687 году Исаак Ньютон опубликовал «Математические начала натуральной философии», заложившие основу так называемой классической физики и картины мира, просуществовавших до начала XX века. В своих «Началах» Ньютон не затрагивает вопросы крупномасштабного строения мира, ничего не пишет и о звездах. Высказаться на эти темы его подтолкнула переписка с молодым священником Ричардом Бентли в 1692 и 1693 годах.

Преподобный Ричард Бентли (1662–1742), капеллан епископа Ворчестерского, обратился к Ньютону с просьбой ответить на ряд вопросов об устройстве Вселенной. Для такого обращения у Бентли была очень веская причина – в рамках «Бойлевских чтений» ему было поручено прочесть в Лондоне восемь публичных проповедей в защиту христианства. Одной из целей этих проповедей было показать, что подтвержденная трудами Ньютона гелиоцентрическая астрономия не противоречит теологической картине мира. Бентли был хорошим

теологом и филологом, но с физикой и математикой знаком был плохо. Поэтому он написал Ньютону – кто как не Ньютон был самым большим авторитетом в вопросах «натурфилософии» в Англии? – и Ньютон ему охотно ответил.

В своих письмах (всего их было четыре) Ньютон рассмотрел случаи конечной и бесконечной Вселенных, в которых действует закон всемирного тяготения. В случае ограниченного объема Вселенной все составляющие ее тела под действием взаимного притяжения рано или поздно должны были бы слиться в «одну гигантскую сферическую массу». Этого нет, следовательно, Вселенная бесконечна.

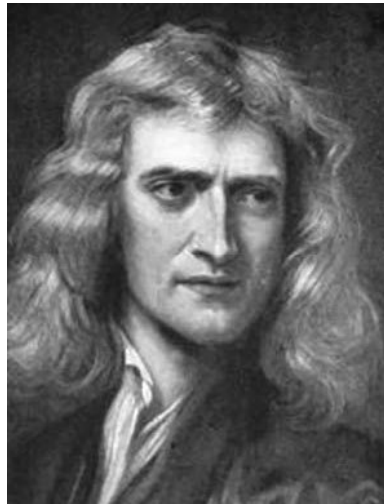


Рис. 9. Исаак Ньютон (1643–1727)

В бесконечном пространстве центров конденсации будет бесконечное множество и именно таким образом должны были образоваться Солнце и другие бесчисленные звезды. В бесконечной Вселенной на любую звезду с каждой из сторон действует бесконечная сила, эти силы уравнивают друг друга и звезда остается в покое. Однако такая Вселенная должна быть неустойчива, так как малейшее нарушение взаимных расстояний между звездами должно привести к тому, что *fixae stellae* («неподвижные звезды») начнут двигаться. Ньютон был уверен, что звезды не двигаются – это был один из основных наблюдательных фактов астрономии со времен античности, – и поэтому ему пришлось привлечь внешнюю организующую силу – божественную. Как сказал Ньютон Дэвиду Грегори, «непрерывно свершающееся чудо требуется для того, чтобы предотвратить падение Солнца и неподвижных звезд друг на друга под действием гравитации».

Таким образом, Ньютон рассмотрел то, что обычно называют «гравитационным парадоксом» в бесконечной Вселенной и предложил его решение. Несомненно, он должен был задумываться и о фотометрическом парадоксе, ведь каждая звезда влияет на все окружающее не только гравитационным притяжением, но и излученным светом. Освещенность от звезды уменьшается, как и гравитация, обратно пропорционально квадрату расстояния, вклады от звезд суммируются и в каждой точке пространства освещенность с каждого из направлений должна быть бесконечной (как и гравитационное притяжение). Однако освещенности, в отличие от гравитации, не компенсируют друг друга, а суммируются. Что думал об этом Ньютон, неизвестно. Возможно, он столкнулся с необходимостью допустить еще одно непрерывно совершающееся «чудо».

Первым человеком, кто привлек математику для решения проблемы темноты ночного неба, был друг Ньютона английский астроном, математик и геофизик Эдмонд Галлей. Надо

заметить, что Ньютон отличался довольно неуживчивым нравом, и Галлей был одним из немногих друзей, сохранявшим с ним хорошие отношения на протяжении нескольких десятилетий. Эдмонд Галлей, чье имя обычно помнят только из-за яркой кометы, орбиту которой он рассчитал и предсказал ее возвращение к Солнцу в 1758 году (комета Галлея), внес большой вклад в самые разные области – например, он открыл собственные движения звезд, составил первый каталог звезд южного неба, заложил основы геофизики и научной демографии. Не менее важной заслугой Галлея перед наукой является и то, что он убедил Ньютона написать «Математические начала натуральной философии», выполнил всю редакторскую работу и издал книгу за свой счет.



Рис. 10. Эдмонд Галлей (1656–1742)

Как ни странно, можно, по-видимому, назвать точную дату, когда Галлей заинтересовался проблемой ночного неба. Скорее всего, это произошло утром 23 февраля 1721 года во время совместного завтрака Ньютона, Галлея и Вильяма Стакли (1687–1765) (английского археолога, одного из первых исследователей Стоунхенджа). Разговор за завтраком шел на астрономические темы и Стакли скорее всего упомянул свои соображения о том, что звезды распределены в пространстве не однородно, как это требуется по космологии Ньютона, а в виде «гигантского меридиана», делящего бесконечное пространство на две части. Если бы это было не так, то, согласно Стакли, все небо должно было бы быть столь же ярким как Млечный Путь.

Эта беседа, вероятно, подтолкнула Галлея к собственным размышлениям и всего через две недели после этого завтрака – 9 марта 1721 года – он представил на заседании Королевского общества статью «О бесконечности сферы неподвижных звезд», в которой Галлей упомянул, не называя его по имени, и аргументацию Стакли. Вскоре – 16 марта – Галлей зачитал и вторую небольшую работу («О числе, порядке и свете неподвижных звезд») на ту же тему.

В своих работах Галлей сначала приводит аргументы в поддержку того, что система звезд бесконечна: чем более мощный телескоп используется при наблюдениях, тем больше звезд в него видно; кроме того, если система звезд конечна, то звезды под действием гравитации должны были сжаться в единый объект в центре (аргумент, использованный ранее Ньютоном). Затем Галлей обсуждает два возражения против бесконечности Вселенной. Одно из них чисто терминологическое, а второе – это, по сути, возражение Стакли, которое перекликается и с мнением Кеплера (см. ранее).

Для того, чтобы преодолеть это затруднение, Галлей вводит идею концентрических слоев одинаковой толщины (рис. 1), подсчитывает количество звезд в слое и создаваемую каждой из этих звезд освещенность по мере увеличения радиуса. Добравшись до звезд сотого слоя, освещенность от каждой из которых в 10 000 меньше, чем от звезды в первом слое, он заключает, что эта освещенность столь мала, что человеческий глаз даже в телескоп просто не увидит этих звезд.

Следовательно, для решения фотометрического парадокса Галлей использует тот же аргумент, что и Томас Диггес за полтора столетия до него – далекие звезды слишком слабы, чтобы быть увиденными. Галлей не догадался просуммировать вклад далеких звезд и убедиться, что им нельзя пренебречь. (Как видно из формулы (2), вклад каждого слоя одинаковой толщины одинаков – падение освещенностей от индивидуальных звезд точно компенсируется увеличением их числа).

Журнал Королевского общества зафиксировал еще один довод Галлея, сводящийся к тому, что освещенность от далеких звезд спадает быстрее, чем по закону обратных квадратов (см. формулу (1) в параграфе 1.2): «свет не делится до бесконечности и, следовательно, когда звезды находятся на очень больших расстояниях, их излучение слабеет быстрее, чем по общему правилу». Это предположение может решить фотометрический парадокс, но оно, конечно, неверно.

Ньютон председательствовал на заседаниях Королевского общества во время выступлений Галлея, однако его реакция на результаты Галлея осталась неизвестной. Возможно, пожилой Ньютон просто проспал выступления своего друга, что, судя по воспоминаниям современников, с ним нередко случалось на разных заседаниях.

Заметки Галлея были опубликованы в журнале Королевского общества «Philosophical Transactions» и, по-видимому, они стимулировали работу швейцарского астронома и физика Шезо, который в 1744 году выполнил первый корректный математический анализ парадокса.

1.5. Шезо и Ольберс

*Пустота чудовищно вместительна.
Станислав Ежи Лец*

Жан-Филипп Луи де Шезо родился вблизи Лозанны в семье обеспеченного землевладельца. Он очень рано проявил интерес к астрономии и построил собственную обсерваторию, оборудованную парой небольших телескопов. Ранние работы Шезо по физике распространения звука, о торможении пушечных ядер воздухом и пр. привлекли к нему широкое внимание, и российская императрица Елизавета Петровна даже приглашала его на работу в Санкт-Петербург. По причине слабого здоровья Шезо не смог воспользоваться этим предложением.

В декабре 1743 года Шезо открыл комету (практически одновременно она была также обнаружена датчанином Дирком Клинкенбергом) и наблюдал ее до марта 1744 года. Комета была очень яркой, ярче Юпитера, и в одну из ночей продемонстрировала целых 6 хвостов. Через несколько месяцев после исчезновения кометы Шезо опубликовал о ней книгу. Книга содержала восемь приложений, посвященных разным вопросам астрономии. Второе приложение – «О силе света, его прохождении через эфир и расстоянии до неподвижных звезд» – содержало математический анализ загадки ночного неба.



Рис. 11. Жан-Филипп Луи де Шезо (1718–1751) и Генрих Вильгельм Ольберс (1758–1840)

Анализ Шезо был, по сути, эквивалентен приведенному ранее в параграфе 1.2 этой книги. Так же как и Галлей, Шезо рассматривает окружающие Солнце концентрические слои одинаковой толщины и в предположении однородного распределения звезд в пространстве находит, что освещенность от каждого слоя одинакова. Если звездное пространство бесконечно или даже просто очень велико, то любой участок небесной сферы должен сиять как

Солнце (он предположил, что все звезды по размерам и по светимости подобны Солнцу), поскольку звезды перекроют своими видимыми дисками весь небосвод. Шезо оценил, что вся доступная наблюдениям полусфера в этом случае должна сиять в 91 850 раз ярче Солнца. (Эта оценка примерно равна отношению площади полусферы к площади солнечного диска.)

«Громадное несоответствие между этим заключением и опытом свидетельствует, что либо сфера неподвижных звезд не бесконечна..., либо освещенность спадает быстрее, чем по закону обратных квадратов», – пишет Шезо. Он считает, что второе допущение более правдоподобно и предполагает, что межзвездное пространство может быть заполнено разреженной средой, задерживающей излучение звезд. Он полагает, что даже ничтожное поглощение в межзвездной среде, постепенно накапливаясь, может объяснить темноту ночного неба. Решение, предложенное Шезо, выглядит правдоподобно, но, как будет показано, далее, неверно – межзвездное поглощение не может решить фотометрический парадокс.

В работе Шезо содержатся еще два примечательных результата. Во-первых, он оказался одним из первых исследователей, правильно оценивших масштаб межзвездных расстояний. Этой задачей пытались заниматься многие (например, Гук, Пикар, Флемстид, Брайлей, Вильям Гершель и другие), однако прямая оценка расстояний методом годичного параллакса из-за несовершенства используемых инструментов и методов обработки не давала результатов вплоть до XIX века.

В качестве альтернативного и, конечно, очень грубого подхода можно использовать видимый блеск звезды в сравнении с Солнцем. Если считать, что все звезды, включая Солнце, имеют одинаковую светимость, то, сравнивая освещенности от какой-либо звезды и от Солнца, можно оценить, во сколько раз звезда дальше от нас, чем Солнце. Используя этот метод, голландский физик, математик и астроном Христиан Гюйгенс (1629–1695) оценил, что Сириус находится в 28 000 раз дальше Солнца, то есть на расстоянии около 0.14 пк⁶.

Для того, чтобы получить этот результат, Гюйгенсу пришлось сравнивать яркость освещенного Солнцем отверстия в темной комнате с воспоминанием о яркости Сириуса ночью. Естественно, сделать это очень сложно, что и привело к заниженному почти в 20 раз расстоянию (расстояние до Сириуса равно 2.7 пк или 8.7 световых лет). Этот результат Гюйгенса был опубликован уже после его смерти – в 1698 году.

Однако еще раньше – в 1668 году – шотландский математик, астроном и оптик Джеймс Грегори (1638–1675) опубликовал замечательную модификацию фотометрического метода. Грегори предложил не сравнивать яркости звезд и Солнца, что на практике очень сложно, а использовать в качестве промежуточного стандарта яркость планет. Суть его метода очень проста – ночью можно сравнить яркость какой-либо звезды с яркостью внешней планеты (Марса, Юпитера, Сатурна), а затем, зная расстояние этой планеты от Солнца и ее угловой диаметр, можно рассчитать ее яркость по сравнению с яркостью Солнца (предполагая, конечно, что планета светит отраженным светом и задавая определенный коэффициент отражения). Применив этот метод к Сириусу, и используя наблюдения Сатурна, Грегори получил, что эта звезда находится в 80000 раз дальше Солнца – результат гораздо лучший, чем у Гюйгенса, хотя все еще существенно заниженный.

Во второй части работы о фотометрическом парадоксе Шезо использует метод Грегори для определения расстояний до ярчайших звезд (Сириуса и Регула) на основе сравнения их блеска с Сатурном, Юпитером и Марсом. Он заключает, что расстояние до ярчайших звезд примерно в 240 000 раз превышает расстояние от Земли до Солнца. Эта оценка состав-

⁶ 1 пк (парсек) – это расстояние, с которого средний радиус орбиты Земли виден под углом в 1 угловую секунду. Парсек равен 3.26 светового года или примерно 3×10^{18} см. В окрестности Солнца характерные расстояния между звездами близки к 1 пк.

ляет около 4 световых лет или чуть больше 1 пк. Учитывая грубость используемого метода, результат можно признать просто превосходным!

Однако Шезо не был первым человеком, правильно оценившим масштаб межзвездных расстояний. Как оказалось, это было сделано Исааком Ньютоном в «*De mundi systemate*» («Система мира») – дополнении к «Началам», написанном еще в 1680-х годах и опубликованном в 1728 году, уже после его смерти. В этой работе Ньютон методом Грегори нашел, что расстояние до звезд первой величины примерно в 100 000 раз превышает расстояние от Сатурна до Солнца, что составляет $\sim 1\,000\,000$ астрономических единиц (4.8 пк)⁷.

Еще один интересный результат небольшой работы Шезо о фотометрическом парадоксе – корректная математическая оценка доступной наблюдениям области Вселенной. Если предположить, что все звезды подобны Солнцу и что они равномерно распределены в пространстве со средним взаимным расстоянием 4 световых года, то в пределах сферы радиусом 3×10^{15} световых лет звезды перекроют своими дисками всю небесную сферу. Свет от более далеких звезд будет экранирован дисками более близких объектов и внешняя часть Вселенной останется ненаблюдаемой.

Британский космолог Эдвард Харрисон считает, что, возможно, именно огромность, несоизмеримость этих масштабов могла подтолкнуть Шезо к идее межзвездного поглощения – ведь даже ничтожная непрозрачность межзвездной среды на столь больших расстояниях способна полностью скрыть далекие объекты и, тем самым, сделать ночное небо темным.

Следующий исследователь, внесший вклад в исследование парадокса, названного позднее его именем, – это немецкий врач и астроном-любитель Генрих Ольберс. Ольберс был дипломированным медиком, но, горячо увлекаясь астрономией, он в течение многих лет сочетал оба занятия. Днем он был солидным бременским врачом, а ночью проводил наблюдения в частной обсерватории на верхнем этаже собственного дома. Лишь после смерти дочери и второй жены он оставил врачебную практику и с 1820 года полностью посвятил себя астрономии. В биографическом очерке, включенном в книгу С. Ньюкомба и Р. Энгельмана «Астрономия в общепонятном изложении» (опубликована на русском языке в 1896 году), об Ольберсе было написано так: «Едва ли можно назвать другого любителя, которому астрономия была бы так много обязана, как Ольберсу; и мало было специалистов по астрономии, которые обладали столь обширными познаниями в ней, как этот любитель».

Основные результаты Ольберса посвящены наблюдениям комет (он открыл их 7 штук) и расчетам их орбит (им разработан метод определения орбит комет по трем наблюдениям). В 1802 году Ольберс переоткрыл первую малую планету (Цереру)⁸, которая вскоре после ее открытия в 1801 году итальянским астрономом Пиацци была потеряна. В том же 1802 году он открыл вторую малую планету (Палладу), а в 1807 – четвертую (Весту).

В 1823 году, почти через 80 лет после работы Шезо, Генрих Ольберс опубликовал статью «О прозрачности пространства». В своей статье Ольберс анализирует фотометрический парадокс – более пространно и в более качественном стиле по сравнению с кратким изложением Шезо – и предполагает, что учет поглощения света далеких звезд в межзвездном пространстве может решить эту проблему.

Изложение Ольберса в целом оригинально и вводит в обсуждение парадокса несколько новых идей. Например, Ольберс допускает, что звезды не обязательно должны быть однородно распределены в пространстве, а могут группироваться в системы, подобные Млеч-

⁷ Ньютон принял, что Сатурн отражает 1/4 падающего излучения, что примерно в два раза меньше реального альбедо планеты. Использование правильного альбедо несколько уменьшило бы оценку расстояния и сделало бы ее еще более реалистичной.

⁸ С 2006 года Церера классифицируется как «карликовая планета».

ному Пути, то есть в галактики. Такое сгущивание не избавляет от парадокса, поскольку любой луч зрения все равно рано или поздно должен упереться в диск какой-либо звезды. Ольберс считает, что полная прозрачность межзвездного пространства «в высокой степени невероятна» и обосновывает существование поглощающей среды тем, что вещество кометных хвостов рассеивается, пополняя окружающее пространство, а также существованием зодиакального света. (Строго говоря, это говорит лишь о межпланетной среде, но отсюда уже один шаг до признания существования и межзвездного вещества.)

Любопытен «научно-фантастический» пассаж Ольберса о том, что даже в случае, если бы вся небесная сфера сияла как поверхность Солнца, можно было бы вообразить живые организмы, приспособившиеся и к таким экстремальным условиям. Он отмечает, что астрономия у разумных существ такой планеты находилась бы в примитивном состоянии – обитателям ничего не было бы известно о звездах, о существовании Солнца можно было бы узнать лишь по наблюдениям его пятен, а Луна и планеты обнаруживались бы лишь как темные пятна на сверкающем фоне. (Соображения Ольберса отчасти перекликаются с высказанными в п. 1.1 этой книги.)

В своей статье Ольберс цитирует Галлея, но ни разу не упоминает работу Шезо. Знал ли он о ней, и повлияла ли она как-нибудь на его собственную работу? Вопрос не праздный, поскольку подход Ольберса и предложенное им решение фотометрического парадокса в целом похожи на то, что сделал Шезо задолго до него. Кроме того, оказалось, что в библиотеке Ольберса была книга Шезо 1744 года, посвященная знаменитой шестихвостой комете, в приложении к которой Шезо описал свое решение фотометрического парадокса. Более того, Ольберс, несомненно, читал эту книгу – американский историк астрономии Стенли Яки обнаружил, что в записных книжках, относящихся к 1782–96 годам, Ольберс тщательно законспектировал часть книги Шезо, в которой тот описывает предложенный им метод определения кометных орбит.

Так что же произошло? Яки, да и не только он, считает, что речь не может идти о плагиате, поскольку это в сильнейшей степени противоречит тому, что известно об Ольберсе, о его характере и научных работах. Скорее всего, к 1823 году, когда Ольберс написал свою статью, он забыл или полузабыл о короткой заметке Шезо, которую он, возможно, читал тридцать или сорок лет назад в поисках информации о столь любимых им кометах. Как полагает Эдвард Харрисон, люди забывают об источниках своих идей гораздо чаще, чем обычно считают.

Какова дальнейшая судьба идеи Шезо и Ольберса о межзвездном поглощении как о возможном решении фотометрического парадокса? Идея эта, конечно, не верна, поскольку в заполненной звездами безграничной и вечной Вселенной само поглощающее вещество (межзвездная пыль и газ) начнет нагреваться до тех пор, пока не установится тепловое равновесие между поглощающей средой и излучением звезд, а тогда среда станет излучать столько же, сколько поглотит. Первым это понял, по-видимому, английский астроном Джон Гершель (1792–1871), знаменитый сын еще более знаменитого отца – Вильяма Гершеля (1738–1822).

В 1848 году Джон Гершель опубликовал рецензию на недавно появившийся первый том «Космоса» Александра фон Гумбольдта. Гершель упоминает Ольберса и идею поглощения света, а затем пишет, что, действительно, свет легко поглощается, однако поглощенный свет нагревает поглощающую материю и она должна начать излучать, отдавая через излучение столько же энергии, сколько поглотила. Гершель использовал немного другие слова, но суть его комментария именно в этом. Очень примечательно, что это было написано тогда, когда недавно открытый закон сохранения энергии еще не стал широко известным и общепринятым.

Джон Гершель предложил и свой вариант решения фотометрического парадокса. Будучи наблюдателем, он был уверен, что в некоторых направлениях на небе он и в самом деле видит пустое пространство за пределами нашей звездной системы. С другой стороны, он имел хорошую математическую подготовку и догадывался, что можно придумать такое пространственное распределение объектов, что даже при бесконечном числе звезд ночное небо будет оставаться темным: «...легко представить устройство вселенной, которая будет оставаться в точном смысле слова бесконечной, и в которой произвольное количество лучей зрения не будут пересекаться со звездами». Гершель коротко описал такое устройство – звезды распределены самоподобным образом на всех уровнях, – то, что позднее стали называть иерархическим или фрактальным распределением. Идея иерархического строения Вселенной позднее развивалась многими исследователями – например, Ричардом Проктором, Карлом Шарлье, Фурнье д'Альбе. Эта идея, действительно, способна решить фотометрический парадокс, однако она противоречит наблюдаемой на больших масштабах однородности нашей Вселенной (см. следующую главу).

1.6. Динамическая Вселенная Эдгара По

*Наука! ты – дитя Седых Времен!
Меняя все вниманьем глаз прозрачных,
Зачем тревожишь ты поэта сон,
О коршун! крылья чьи – взмах истин мрачных!*
Эдгар По

Появление имени знаменитого поэта, писателя, классика и родоначальника сразу нескольких жанров литературы, может показаться странным в книге по астрономии. Однако что не было странным в жизни этого человека?

Эдгар Аллан По рано остался без родителей и воспитывался в доме богатого коммерсанта из Ричмонда Джона Аллана. Вместе с приемной семьей Эдгар По пять лет прожил в Англии, где учился в дорогом пансионе в Лондоне. После возвращения Алланов в США Эдгар закончил колледж в Ричмонде, в 1826 году поступил в недавно открытый Университет штата Вирджиния. Проучился в университете лишь год, вынужден был его бросить, записался добровольцем в армию, пытался закончить элитную военную академию в Вест-Пойнте, но был отчислен. Дальше – работа в нескольких журналах, богемная жизнь, личные и семейные драмы, нервное перенапряжение, болезни, запои, и на фоне всего этого – многочисленные стихи, рассказы, новеллы... И смерть в 40 лет в унижительной бедности и горячечном бреде. Биография, разительнейшим образом отличающаяся от жизни остальных героев этой книги.

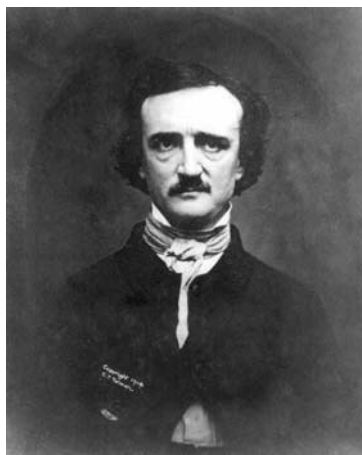


Рис. 12. Дагерротип Эдгара Аллана По (1809–1849), изготовленный незадолго до смерти поэта.

Парадоксально, что именно этот парадоксальный человек предложил первое правильное, хотя и качественное, решение загадки темноты ночного неба. Даже более – Эдгара По можно назвать, пусть и с некоторой натяжкой, одним из идейных предшественников современной космологии в целом. Это не было случайностью – он очень интересовался наукой и, в особенности, астрономией, изучал книги классиков физики и астрономии (например, Ньютона, Лапласа, Вильяма и Джона Гершелей, Гумбольдта). Когда Эдгару было 16 лет, опекун подарил ему маленький телескоп и Эдгар По наблюдал в него Луну и звезды.

Рассказ «Необыкновенное приключение некоего Ганса Пфааля» (опубликован в 1835 году) по признанию самого Эдгара По был вдохновлен «Курсом астрономии» Джона Гершеля, американское издание которого вышло лишь годом ранее. Открываем это рассказ и

находим в нем массу научной информации – параметры лунной орбиты, детальное описание вида Земли из космоса, сведения о кометах и зодиакальном свете, ссылки на великих ученых прошлого. Эдгар По так старался убедить читателей в подлинности фантастического путешествия на воздушном шаре на Луну, что превратил свой рассказ почти в научно-популярный астрономический очерк.

3 февраля 1848 года Эдгар По выступил в Общественной библиотеке Нью-Йорка с лекцией «О космогонии Вселенной». Аншлага не было – на лекцию пришло около 60 слушателей, большинству из которых лекция показалась скучной, затянутой и малопонятной. Затем По переработал лекцию и в том же году тиражом в 500 экземпляров выпустил ее расширенную версию под названием «Эврика. Поэма в прозе» (По хотел напечатать 50 000 экземпляров, издатель уменьшил тираж в сто раз). Эдгар По считал, что этой поэмой он «революционизирует мир физических и метафизических наук». Революции не произошло – «Эврика» на многие годы оказалась забытой и на развитие науки она уж точно никакого влияния не оказала. По словам Эдварда Харрисона, «ее наука была слишком метафизической, а ее метафизика – слишком научной».

Среди немногочисленных читателей «Эврики», высоко оценивших ее содержание, были в основном поэты – например, Шарль Бодлер (автор французского перевода), Поль Валери, Константин Бальмонт, переведший поэму на русский язык. Дочь знаменитого французского поэта Теофиля Готье – Юдит Готье – в 1864 году (ей было тогда только 15 лет!) написала о только что вышедшей на французском языке «Эврике»: «Было бы ошибочно думать, что Эдгар По, создавая «Эврику», ставил своей целью только написать поэму; он был абсолютно убежден, что открыл великий секрет Вселенной, и он использовал всю мощь своего таланта для развития своей идеи».

Рассмотрим нарисованную в «Эврике» картину Вселенной (все последующие цитаты взяты из перевода К. Бальмонта). Согласно По, пространство бесконечно, а «звездная Вселенная» или «Вселенная звезд», то есть заполненная материей часть бесконечного пространства, конечна во времени и в пространстве. В этой бесконечной «метавселенной» наша Вселенная не единственна — «существует некая беспредельная последовательность Вселенных, более или менее подобных той, о которой мы имеем осведомленность...» Каждая из этих Вселенных имеет свои собственные законы, и эти Вселенные никак друг с другом не взаимодействуют – «не имея доли в нашем происхождении, они не имеют доли в наших законах. Ни они не притягивают нас, ни мы их... Между ними и нами... нет влияний взаимных...» (Нарисованная Эдгаром По картина очень напоминает современную концепцию Мультивселенной (Multiverse) – см. следующую главу.)

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.