

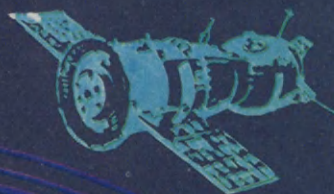
Д. Херрман

ОТКРЫВАТЕЛИ  
НЕБА

Д. Херрман

# ОТКРЫВАТЕЛИ НЕБА

Издательство „Мир“











«Луна» – одна из «астрономических картин» Донато Крети (около 1700 г.).

Д.Херрман  
*ОТКРЫВАТЕЛИ  
НЕБА*

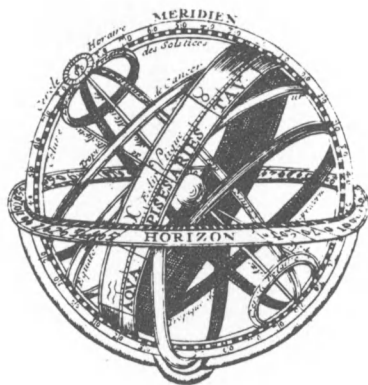




Dr Dieter B. Herrmann

# *ENTDECKER DES HIMMELS*

---



URANIA-VERLAG  
LEIPZIG · JENA · BERLIN  
1979



Д. Херрман

# *ОТКРЫВАТЕЛИ НЕБА*

---

Перевод с немецкого  
канд. физ.-мат. наук  
К. Б. ШИНГАРЕВОЙ  
и канд. физ.-мат. наук  
А. А. КОНОПИХИНА

Издательство «Мир»  
Москва 1981





**Херрман Д.**

- Х 39 Открыватели неба. Пер. с нем. А. А. Конопихина, К. Б. Шингаревой/Предисл. Г. С. Хромова.— М.: Мир, 1981. 232 с. с ил.

Звездное небо всегда привлекало внимание человека, будило его мысли, вызывало стремление к познанию тайн бескрайней Вселенной.

Об истории развития астрономии от времен древнейших цивилизаций до наших дней в популярной и увлекательной форме рассказывает известный астроном из ГДР, директор Берлинской обсерватории Дитер Херрман. Богато иллюстрированная книга адресована широкой читательской аудитории.

|   |                                |        |            |                       |
|---|--------------------------------|--------|------------|-----------------------|
| Х | $\frac{20601-174}{041(01)-81}$ | 171-81 | 1705010000 | ББК 22.6 г<br>52 (09) |
|---|--------------------------------|--------|------------|-----------------------|

*Редакция научно-популярной и научно-фантастической литературы*



# ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ПЕРЕВОДУ

Казалось бы, в наши дни физические дисциплины уже не привлекают столь острого внимания широкой общественности — сейчас на передний план выходят проблемы экологии, охраны окружающей среды, новейшие исследования в области медицины и биологии. Однако научно-популярные книги по астрономии по-прежнему пользуются огромным спросом.

Исследования бескрайней Вселенной, окружающей наш маленький, но для нас такой большой и полный противоречий мир, продолжают живо интересовать людей. Астрономия не нуждается в рекламе: звездное небо всегда открыто нам — стоит только поднять голову. Как сотни поколений людей в прошлом, человек второй половины текущего столетия находит время и силы задуматься над тем, что же представляет собой эта россыпь небесных огней и что скрывается за мерцающей глубиной ночного неба.

Эти вопросы, по-видимому, столь же стары, как и человеческий разум, и столь же непреходящи. Возможно, на самые глубокие и сложные из них человечество так и не найдет ответа. Но задавать их нужно, ибо неизвестна грань, отделяющая простое от сложного в исследовании мира, бесконечного во времени и пространстве.

Астрономия — древнейшая из наук о неживой природе. Ее история теряется в глубине веков. Но теперь мы с определенностью знаем, что там, где пробивались хотя бы слабые ростки культуры и искусства, возникала и астрономия. На протяжении всей истории человечества развитие астрономии, как и любого другого вида человеческой деятельности, всегда было неразрывно связано с потребностями общественного производства и стимулировалось ими. Однако при этом было бы упрощением забывать и о другой первопричине: извечной любознательности мыслящего существа.

Любознательность — мощный фактор процесса естественного отбора в природе вообще. В какой-то элементарной форме она присуща и высокоразвитым животным, правда, здесь она сводится всего лишь к «изучению» районов, доступных для обитания с их источниками пищи, воды, возможностью укрыться от опасности.

Возможно, что в процессе эволюции граница, отделяющая человека разумного от животных, впервые наметилась тогда, когда наш далекий предок впервые поднял голову и взглянул в небо. И снова посмотрел туда — уже иным, заинтересованным взором.

Оказалось, что человеку нужно знать не только то, что необходимо для удовлетворения насущных потребностей его «телесной» жизни. Он хочет представлять и свое место в бескрайнем мире земли, воды и неба. Не гонясь за строгостью, назовем эту потребность любознательностью в широком смысле слова.

Удовлетворение любознательности мыслящего существа приводит в свою очередь к формированию мировоззрения, а это уже категория из области идеологии. Не случайно в наиболее мрачные эпохи клерикального засилья и политического деспотизма любознательность подавлялась. И вполне закономерно, что эти эпохи ознаменовались застоем в астрономии. Огромное мировоззренческое значение астрономии—другой несомненный стимул развития этой науки. Можно ли представить эпоху Возрождения без Коперника, Галилея, Кеплера, а эпоху Промышленной революции—без Ньютона и знаменитых создателей астрономических инструментов?

Время, нынешний стремительный прогресс в познании природы, распространение просвещения как бы затушевывают в нашем сознании величие фигур ученых прошлого—более того, порой мы испытываем соблазн относиться к ним снисходительно. Ведь теперь каждый ребенок знает, что Земля вращается вокруг Солнца, а на Луне есть горы. Вот почему никогда не лишне напомнить о тех, кто стоял у истоков современного научного знания, кто в мучительных поисках постигал эти «простые», по сегодняшним понятиям, истины.

То были гиганты интеллекта и вместе с тем—обычные люди, которым не чуждо было ничто человеческое. Люди слабые, как слабые одиночки, и потому очень уязвимые. Именно поэтому они, кроме того, были и истинными героями.

Необыкновенно интересно проследживать, как разум, почти не вооруженный вспомогательными инструментами для изучения природы, постепенно творил астрономическую картину мира. Этот тернистый путь усеян и ошибками, и досадными заблуждениями, и гениальными озарениями—ведь без них немислим процесс познания. Но прежде всего был огромный, всепоглощающий труд многих поколений исследователей, в том числе и безымянных ныне. Труд всех этих людей далекого и близкого прошлого заложил фундамент здания современной астрономии.

Книга астронома из ГДР Дитера Херрманна «Открыватели неб»—популярный очерк истории астрономии. Тем она и интересна. Более половины ее посвящено эпохе становления астрономической науки примерно до второй половины XIX в. С нашей точки зрения, это наиболее интересный для читателя период; к тому же он более основательно исследован историками науки.

Начав свое повествование с древнейших времен Вавилона, Египта, Эллады, автор проводит читателя через средневековые университеты, замки светских, духовных и даже научных (бывали и такие!) властителей. Читатель становится свидетелем длительной и многотрудной борьбы умов за гелиоцентрическую систему мира, проникается мирскими и духовными терзаниями Иоганна Кеплера, глубже познает сложный облик гениального Исаака Ньютона.

Затем читатель попадает в более знакомый ему мир астрономических обсерваторий конца XVIII—начала XIX вв. Эта эпоха уже не отличалась столь острой борьбой идей; настало время спокойного совершенствования средств исследований, сбора фактических данных, тонкого логического и математического анализа. Но вместе с тем это было время, предвещавшее революционные, радикальные изменения в недрах самой астрономии.

Всего лишь за какие-нибудь несколько десятилетий, на стыке XIX—XX вв. облик астрономии изменился почти до неузнавае-



мости. Она начала впитывать в себя практические и теоретические методы физики, обсерватории оснащались огромными телескопами, и другими сложными, невиданными ранее приборами для исследования света небесных объектов. Неизмеримо расширились горизонты астрономических исследований: от Солнечной системы до всей нашей Галактики и далее, за ее пределы—к другим родственным ей «звездным островам».

Теперь уже не законами движения планет, а строением и жизнью звезд, туманностей, целых галактик стали интересоваться астрономы; но не вместо—а наряду, поскольку новые горизонты астрономии отнюдь не обесценили прежних достижений. Напротив, возможность качественно новых исследований была подготовлена всей историей развития астрономии, всей суммой накопленных знаний, методов, практических приемов наблюдений. Астрономия была и остается единой наукой, которая развивается как комплексная взаимосвязь всех своих направлений, традиционных и новейших.

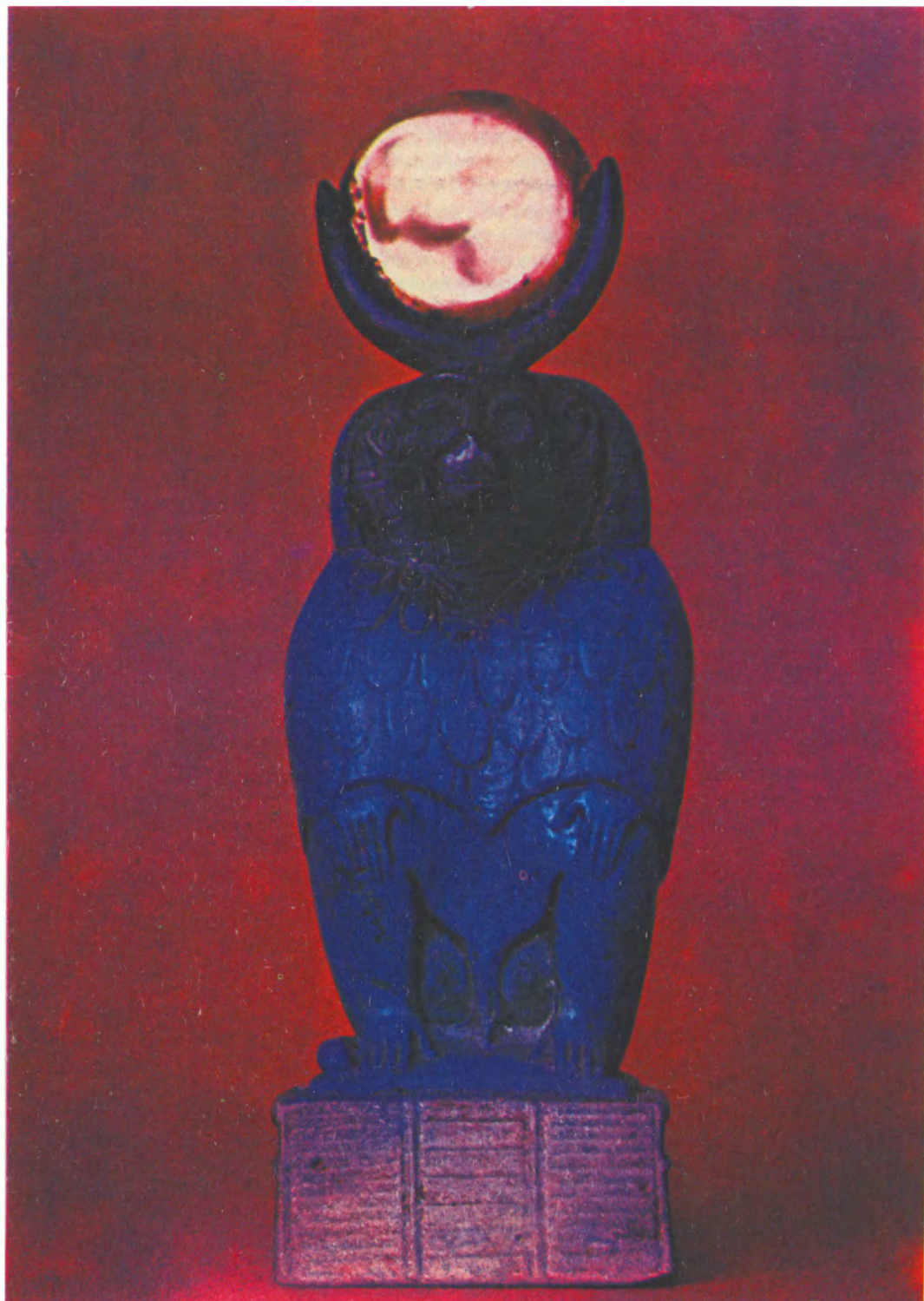
Революция в астрономии продолжается и по сей день. Ее материальной основой служит весь технический арсенал современного человечества. Именно благодаря ему создаются гигантские оптические и радиотелескопы, чувствительные приборы, способные измерять ничтожные по мощности потоки электромагнитной энергии, и, наконец, выносятся за пределы земной атмосферы астрономические инструменты, что избавляет астрономов от многовековой зависимости от «капризов» воздушной оболочки, окутывающей нашу планету. Сегодня стало реальностью то, что читателям среднего возраста представлялось некогда совершенной утопией,—полеты на Луну и другие планеты Солнечной системы! Два с лишним десятилетия космической эры, начавшейся в 1957 г. полетом первого искусственного спутника Земли, уже сейчас принесли науке существенно больше результатов, чем предшествующие три столетия наземных телескопических наблюдений.

Совершенствование технического оснащения астрономии принесло обильные и удивительные плоды. Неузнаваемо изменились многие, казалось бы, вполне установившиеся представления, открыты целые классы новых неведомых доселе космических объектов: во Вселенной обнаружены такие процессы и состояния вещества, которые совершенно немыслимо реализовать в условиях земных лабораторий. Формируются представления об эволюции звезд, звездных систем и даже Вселенной в целом. Словом, одна из древнейших наук—астрономия—переживает ныне очередной период бурного развития.

Обо всем этом стремился рассказать в своей книге Д. Херрман. Задача очень непростая, если принять во внимание тысячелетнюю историю астрономии, многочисленность «персонажей», разнообразие и сложность информации, изложенной автором, и ... ограниченный объем книги. С нашей точки зрения, автору наиболее удалось главы о древней и средневековой астрономии. Изложение методов, результатов и проблем астрономии наших дней выглядит, возможно, несколько поверхностным, но, как известно, «необъятного не объять», тем более в рамках одной книги.

Пожелаем же будущим читателям «Открывателей неба» интересного путешествия по астрономии—из глубины веков до наших дней.

Г. Хромов



Статуэтка из глазурованной керамики с символом в виде полумесяца (700 г. до н.э.), изображающая египетского бога Тота – покровителя знаний и искусства.



# ЗВЕЗДЫ НАД ВАВИЛОНОМ

Лишь на востоке начнут восходить Атлантиды-  
Плеяды,  
Жать поспешай; а начнут заходить,— за посев  
принимайся.  
На сорок дней и ночей совершенно скрываются  
с неба  
Звезды-Плеяды, потом же становятся видными  
глазу  
Снова в то время, как люди железо точить  
начинают.<sup>1</sup>

Гесиод

## Во тьме веков

Необъятный и ясный раскинулся небосвод над первыми цивилизациями в Междуречье Тигра и Евфрата, в дельте Нила и низовьях Хуанхэ. Уже в те далекие дни человек наблюдал светила небосвода. Бесхитростное любование небом постепенно перерастало в изучение самых простых явлений — их изменений во времени и регулярных повторений. Вероятно, одним из первых открытий человека было то, что Солнце каждый вечер уходит за горизонт, а ослепительное светило, появляющееся по утрам, похоже на него. Подобные мысли возникали, видимо, и при наблюдении Луны и звезд. Это простое умозаключение, несомненно, сыграло чрезвычайно важную роль в первых еще не твердых шагах человека на пути понимания окружающего мира. Далее, вероятно, люди начали догадываться, что земля, по которой они перемещаются, может оказаться не безграничной. Никто, однако, никогда не видел ее конца — даже самые смелые путешественники. Отсюда могла возникнуть мысль, что небесный свод, возможно, имеет шарообразную форму, а Земля висит в центре этого шара и так же кругла, как и окружающая ее небесная сфера.

С течением времени выявлялись и другие особенности, а именно, что летом Солнце дольше остается над горизонтом и описывает на небосводе круги больших размеров, чем зимой; что облик Луны претерпевает регулярные изменения: из узкого серпа на вечернем небе она превращается в полный диск, затем исчезает, чтобы родиться вновь; что звездное небо в течение суток совершает полный оборот вокруг полюса небесной сферы; что некоторые яркие звезды быстро меняют свое положение от-

носительно других, причем различаются звезды «блуждающие» и звезды «неподвижные» и т. д.

Вряд ли имеет смысл задавать вопрос: кто первый обратил внимание на эти элементарные факты и когда это случилось. Само существование таких знаний на ранних этапах развития человечества отнюдь еще не свидетельствует о том, что наука о звездах зародилась одновременно с началом истории человечества. Но не исключено, что она сформировалась много раньше других наук. Развитие производительных сил, которое в те далекие времена сводилось к приручению животных и разведению растений, заметно сказалось не только на структуре общества — изменялся сам образ мысли людей. Если во времена охотников-собирателей достаточно было просто знать, как следует ловить тех или иных животных, то теперь уже необходимо было иметь представление об особенностях развития и привычках домашнего скота. Выращивание растений и сбор урожая также начали играть большую роль в жизни народов. При этом потребовалось, например, заранее определять наиболее благоприятные сроки посева и сбора урожая, тогда как раньше люди лишь пассивно принимали то, что давала им сама природа. Отныне люди стали уделять гораздо больше внимания состоянию погоды, прежде всего дождю. Наблюдение природных явлений приобретало все большее значение.

Все это нашло свое отражение уже в ритуалах и обычаях людей каменного века:

<sup>1</sup> Здесь и дальше поэма «Работы и дни», в переводе В. В. Вересаева (Полн. собр. соч., 2-е изд., т. 10.— М.: издат. товарищество «Недра», 1930).

вошли в обиход праздники урожая и плодородия. Боги дождя и покровительницы урожая приобрели огромное значение. Не понимая сущности таких процессов, как посев, рост и сбор урожая, люди обращались за помощью к божествам, которых почитали как своих могущественных властителей.

Всеобщее распространение пахотного земледелия в низовьях больших рек значительно изменило подход человека к различным природным явлениям — возникла необходимость вычислять периоды наводнений и засухи, использовать возможности искусственного орошения и т. д.

Однако дамбы, плотины и другие сооружения, которые защищали людей от страшных стихийных бедствий, могли быть только результатом труда многих людей. Ставшее необходимым объединение прежде обособленных друг от друга поселений послужило толчком к более эффективному производству товаров.

Впечатляющим примером подобного процесса может служить раннее объединение племен на берегах Нила в Верхнем Египте. Производительность труда за короткий период возросла настолько, что сделала возможным создание великолепных сооружений времен Первого египетского царства, которые восхищают нас и поныне. Общественное разделение труда привело к тому, что отдельные индивиды стали производить значительно больше товаров, чем требовалось для их собственных нужд. Появление такого рода излишков послужило основной предпосылкой образования классов и классового общества, что в свою очередь способствовало возникновению культуры и науки.

Таким образом, развитие науки, вообще говоря, стало возможным благодаря социально-экономическим изменениям и прогрессу общества. Зарождение науки было связано и с прогрессивными изменениями в хозяйстве. Животноводство нуждалось в подсчете поголовья скота. Возделывание зерновых на пахотных землях вынуждало вычислять площади, взвешивать количество зерна и — что прежде всего — определять сроки посевов и уборки урожая. Подобная необходимость своего рода ориентации во времени и пространстве, привела к возникновению древнейших наук — астрономии и математики.

Примечательно, что у различных наро-

дов в зависимости от их экономического уровня одни и те же познания в области математики, астрономии и других наук формировались независимо и в разное время, однако в целом развитие науки протекало примерно в одном направлении. Так, математику и астрономию вавилонян и инков разделяет не только огромное пространство (между Северной Африкой и Центральной Америкой), но и гигантский временной интервал — около 4000 лет!

Если бы мы задались целью обнаружить надежные сведения о периоде зарождения астрономии, то не добились бы в этом успеха, потому что дошедшие до нас самые древние документы либо вообще ничего не говорят об этом, либо отражают уже достаточно высокий уровень астрономических знаний.

## Источники

Откуда, вообще говоря, мы черпаем наши знания о возникновении астрономии? Отнюдь не из астрономических текстов, которые тысячелетиями тщательно хранились и оберегались. К сожалению, все обстоит гораздо сложнее. Вспомогательными средствами при исследовании древности являются не лупа антиквара или тряпка для стирания пыли, а кирка и лопата археолога, который с трудом выискивает следы древней культуры человечества там, где мельчайшими крупинками разбросаны сведения о «звездных познаниях» наших далеких предков. Сама по себе скупая информация к тому же зашифрована в загадочных значках иероглифов и клинописи, которые надо осмыслить и перевести. И даже если удастся разгадывать древние письмена, то с источниками дело обстоит чрезвычайно трудно. Чем глубже мы уходим в своих поисках в прошлое, тем беднее оказывается добытая информация. Самые древние свидетельства относятся примерно к 2000 г. до н. э. Так, из тех далеких дней до нас дошла плита слоновой кости — надгробие в Абидосе (X египетская династия).

Из времен Среднего египетского царства (2050 — 1700 гг. до н. э.) источники несколько богаче. Чаше всего их находят в виде надписей на надгробных памятниках, и, по видимому, они представляют собой не лишние ошибки копии с крышек саркофа-





Карта северного звездного неба (из книги Андреаса Целлариуса «Гармония макрокосмоса», Амстердам, 1661 г.).

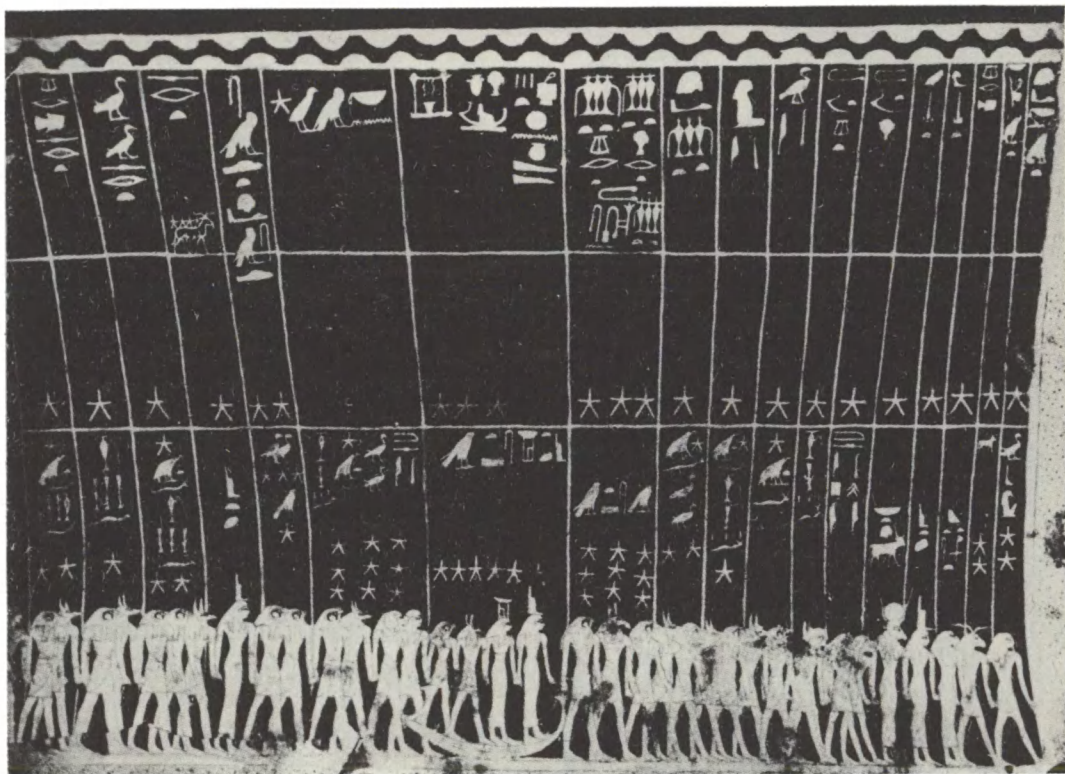
гов из царских гробниц. Из времен Нового египетского царства (1560—1080 гг. до н. э.) в наши руки, наконец, попали уже оригинальные крышки саркофагов, например из гробницы Рамзеса IV (конец XIII—70-е гг. XII вв. до н. э.).

Без этого культа мертвых мы почти ничего не узнали бы о становлении науки у египтян в тот период. Тогда господствовал своеобразный ритуал погребения знатных особ—в их гробницы помещали «снаряжение», необходимое для далекого путешествия сквозь «пространство и время». Живые старались сделать так, чтобы мертвым не приходилось страдать от голода и жажды, и поэтому сооружали в гробницах маленькие деревянные модели кухонь, которые должны были чудесным образом «производить» еду и питье.

В гробницах оставляли также крошечные статуэтки слуг вместе с приспособлением для помола зерна и замешивания теста. В некоторых гробницах были найдены даже маленькие кораблики с фигурками гребцов—они предназначались для «путешествия» душ умерших. Были обнаружены также различные вспомогательные средства для определения времени в ночной период, что позволяет нам судить об астрономических познаниях тех дней.

Аналогичные трудности, связанные с поисками источников информации, возникают и при изучении астрономии древнего Вавилона.

Здесь самая ранняя информация относится к временам династии Хаммурапи, которые, по последним данным, охватывают период 1829 – 1530 гг. до н. э.,—это так называемый древневавилонский период. Однако и эти сведения дошли до нас косвенным путем—в виде изготовленных позднее частичных копий, отрывков, цитат



Астрономические сюжеты на крышке гробницы времен древнеегипетской царицы Хатшепсут (около 1480 г. до н.э.).

и описаний содержания древнего «Краткого руководства по астрологии» (относимо-го к 2-му тысячелетию до н. э.) из серии «Энума, Ану, Энлил», которая хранится в библиотеке Ашурбанипала. Этот царь, как о нем говорили, был велик как правитель, страшен на поле боя и прекрасно владел искусством расшифровывать сложную клинопись (хотя есть основания сомневаться в этом). Именно он повелел собрать в одном месте таблички с древнейшими текстами из всех областей знаний и тем самым создал первую (из известных нам) в мировой истории библиотеку. Позднее было обнаружено 2000 «говорящих» табличек из собрания этого последнего ассирийского царя. Сегодня они находятся в Британском музее в Лондоне. Среди табличек из Ниневии есть и такие, на которых запечатлены отрывки из астрологической серии «Энума, Ану, Энлил». Предположительно вся эта серия состояла из 70 табличек. Содержащиеся в ней сведения

позволяют достаточно подробно представить, как вавилонские жрецы осуществляли наблюдения неба и каких результатов они достигли.

Оригинальные клинописные тексты с астрономическими данными дошли до нас лишь из более позднего периода; они относятся примерно к V в. до н. э.

## Предвестник наводнений

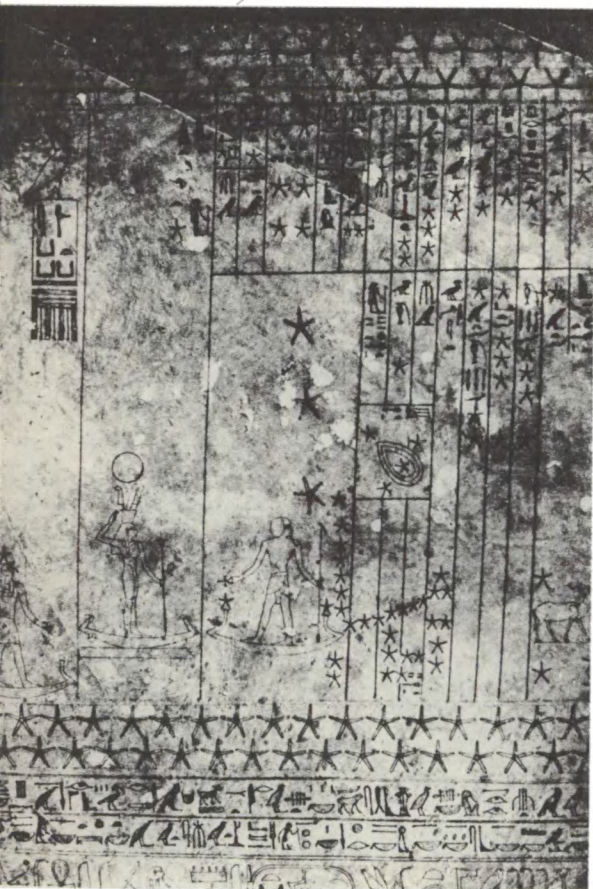
Уже на самой ранней стадии наблюдения неба человек научился понимать взаимосвязь между временами года и различными метеорологическими явлениями и «событиями» на небосводе. В Древнем египетском царстве звезда Сотис (Сириус в созвездии Большого Пса) почиталась как «предвестник Нового года и наводнения»: когда Сириус впервые появлялся перед восходом Солнца («гелический восход» Сириуса), приближался ежегодный разлив Нила. Для сельского хозяйства Египта это имело первостепенное значение. Именно поэтому египетский календарь опирался на данное астрономическое явление.



Первоначально египтяне делили год по сельскохозяйственным сезонам. Такой год включал 12 месяцев по 30 суток плюс 5 дополнительных суток в конце года. Месяцы группировались в соответствии с природными явлениями: «месяцы разлива», «месяцы созревания урожая», «месяцы жары».

Поскольку в действительности солнечный год содержит 365,25 суток, египетский календарь должен был отставать относительно него на сутки за 4 года. Таким образом, астрономические явления, в том числе начало астрономического года, обозначенного гелическим восходом Сириуса, должны были постепенно смещаться относительно реальных времен года. Поэтому древний египетский год получил название «блуждающего». Хотя подобный блуждаю-

Астрономический сюжет на крышке гробницы древнеегипетского царя Сети I (около 1301 г. до н. э.).



Египетские водяные часы (камень, около 1400 г. до н. э.).

щий год мало подходил для отправления религиозных празднеств, связанных с определенными временами года, он в течение тысячелетий лежал в основе египетской хронологии. Только указом от 238 г. до н. э. было предписано добавление еще одних (шестых) суток каждые четыре года и тем самым устранен недостаток старого календаря.

Древние египтяне наблюдали не только Сириус. Появление на небосводе ряда других звезд и созвездий также тесно связывалось с сельскохозяйственным годом. Для земледельцев и скотоводов, мореходов и купцов элементарные познания в астрономии были нелишни, поскольку предварительные вычисления по официальному календарю не могли полностью удовлетворить их потребности.

Подобные трудности испытывали и жители древнего Вавилона: там, например, был в ходу так называемый лунно-солнечный год продолжительностью 12 или 13 месяцев. Он начинался в день весеннего равноденствия. Но поскольку годы с 12 и 13 месяцами следовали друг за другом неравномерно, то соответственно блуждало и начало года. Поэтому земледельцам и скотоводам при определении наиболее благоприятных сроков сева и уборки приходилось опираться на свои собственные наблюдения звезд.

Греческий поэт Гесиод (VIII – VII вв. до н. э.) в своей книге «Работы и дни» подробно говорит об этом. Календарные даты, хотя и с точностью до 10 суток, дают достаточно правильное представле-





Египетские жрецы наблюдают гелический восход Сириуса.

ние о делении года по таким астрономическим явлениям, как гелический восход и заход Плеяд, летнее и зимнее солнцестояния. Ориентируясь на подобные данные, Гесиод указывает даже время, наиболее пригодное для судоходства:

«Если же по морю хочешь опасному плавать,  
то помни:  
После того, как ужасная мощь Ориона  
погонит  
С неба Плеяд и падут они в мгlistо-  
туманное море,

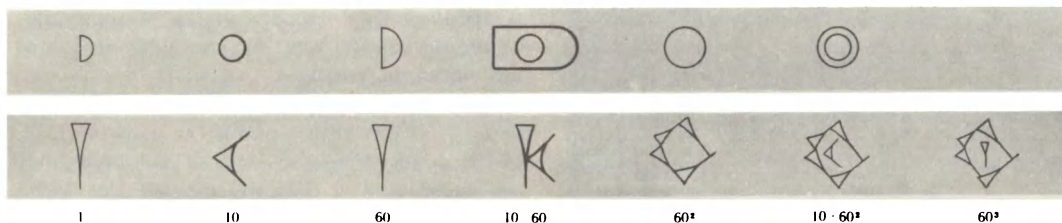
Простейшие вавилонские числовые символы на клинописной табличке.

С яростной силою дуть начинают различные ветры,  
На море темном не вздумай держать  
корабли в это время”.

Совсем иное говорит поэт о периоде летнего солнцестояния:

«Вот пятьдесят уже минуло дней после  
солнцеворота,  
И наступает конец многотрудному  
знойному лету.  
Самое здесь-то и время для плавания:  
ни корабля ты  
Не разобьешь, ни людей не поглотит  
пучина морская”.

Все эти предсказания, без сомнения, не относятся к области астрономии как науки. Однако примечательно то, что уже в са-





Вавилонские числовые обозначения на клинописной табличке. Современное письмо уходит своими корнями в раннюю эпоху развития человечества. Сначала это были лишь простые знаки, затем картинки, изображавшие предметы, а позже и действия. Так постепенно возникло клинописное и иероглифическое письмо с его типичными комбинациями слов и обозначений.

мую раннюю пору изучения неба люди делили сельскохозяйственный год на сезоны, основываясь на появлении светил; тогда же наметились пусть еще смутные черты более поздних астрономических календарей. Конечно, все это было возможно лишь при длительных систематических на-

блюдениях неба. Совершенно очевидно, что рождение астрономии как науки неразрывно связано с насущными жизненными потребностями древних цивилизаций.

## Астрономия и культ звезд

Астрономия с момента своего зарождения была неотделима от того, что сегодня мы называем астрологией. С давних времен люди твердо верили, что звезды влияют на земные события. При низком уровне тогдашних знаний о природе звезд связь между сезонами сельскохозяйственного года и периодами небесных явлений неизбежно должна была привести к подобным убеждениям. Например, один из дошедших до нас древних текстов так описывает наблюдения Луны и неба в первый день нового года:

*«Если небо мрачнеет, то год будет плохим...  
Если в небе перед новолунием подует северный ветер,  
То хлеб будет хорошо расти».*

Этот текст, датированный 2-м тысячелетием до нашей эры, типичен для примитивной астрологии древнего Вавилона. Ее

Древневавилонское изображение созвездий Льва и Гидры и планеты Юпитер, высеченное на камне (более 2000 лет назад).







Семь светил (слева), Луна и созвездие Овна на вавилонской «говорящей» табличке.

предсказания касались не судеб отдельных людей, а благополучия всей страны. Астрологи предсказывали погоду и прежде всего те явления природы, которые благоприятно или неблагоприятно сказывались на сельском хозяйстве. Подобное почитание звезд имело вполне понятные причины: вавилонянам была известна огромная роль Солнца и Луны. Эти небесные объекты почитались как божества. Нельзя не признать, что шумерам, чья страна простиралась до побережья Персидского залива, была уже известна власть Луны над приливами и отливами. Третьим небесным объектом, играющим значительную роль в астрологии вавилонян, была Венера, которая носила у них имя богини любви Иштар.

Разумеется, толкование звезд связывалось с природными закономерностями, столь важными для жизни вавилонян. Подобное отождествление богов с небесными светилами, существовавшее, вероятно, с самого начала истории Вавилона, говорит о том, что религиозная вера в звезды была тогда неотделима от их астрологического толкования.

Роль религии в древнем Вавилоне была огромна. В периоды расцвета в его столице насчитывалось не менее 53 храмов главных богов, 55 святилищ бога Мардука, 300 святилищ земных богов и 600—не-

бесных, 180 алтарей божества Иштар, а также 180 алтарей богов Нергала (Марса) и Адада.

Все это имело немаловажное значение для развития астрономии: как обожествление небесных светил, так и убеждение в определенном влиянии небесных явлений на земное бытие вплоть до средних веков служили мощным стимулом для изучения звездного неба. Лишь в последнюю очередь такие исследования были связаны с практическими потребностями общества.

## «Вычислительные машины» древности

Ежегодно, когда Солнце достигает высшей точки своего видимого пути по эклиптике и собирается продолжить его дальше в направлении экватора, тысячи любителей зрелищ отправляются на высокую равнину близ Солсбери в Средней Англии, чтобы наблюдать летнее солнцестояние. Огромный каменный монумент — сооружение Стоунхенджа — поджидает их здесь. В самую короткую ночь года Стоунхендж становится местом редких церемоний. Собравшиеся здесь многочисленные зрители чувствуют себя перенесенными в далекое прошлое. Около полуночи «старейшины древнего ордена друидов» в белых одеяниях начинают торжественное шествие через ворота сооружения, дошедшего до нас



из бронзового века; отсюда они следят за восходом Солнца точно так же, как, по их убеждению, тысячелетия назад это делали жители древнего графства Эссекса.

Мегалиты Стоунхенджа – одно из самых монументальных сооружений в Европе. Эти каменные памятники глубокой древности созданы, очевидно, по определенной системе примерно 4000 лет назад. К сожалению, до нас дошла лишь малая часть их, но и это дает определенные представления о жизни и экономических отношениях людей того времени, их культурных, религиозных, научных представлениях и познаниях.

В установке камней Стоунхенджа – примерно для 200 из них, по-видимому, были определены размеры и ориентация – прежде всего ошеломляет «конструкторский» подход. Он свидетельствует о том, что древние строители пользовались определенной единицей измерения (так называемым мегалитическим локтем) и были знакомы с геометрическими зависимостями типа сформулированной позже теоремы Пифагора.

Неподалеку от Гюстрова в Мекленбурге были найдены три составленные из каменной окружности, каждая из которых состоит из девяти блоков 12-метровой высоты. Каменные блоки располагаются симметрично друг другу; линия, соединяющая центры двух кругов, почти точно ориентирована в северо-западном направлении. Основой всей конструкции служат два равных по величине прямоугольных треугольника. В 1928 г. было высказано предположение, что, по-видимому, это остатки старой «обсерватории», построенной около 3000 лет назад с учетом астрономических познаний.

В отличие от этого разрушенного каменного сооружения и других, ему подобных, монументы Стоунхенджа принадлежат к относительно хорошо сохранившимся памятникам бронзового века и благодаря этому позволяют нам судить об астрономических познаниях древних строителей. Стоунхендж состоит из нескольких сооружений, построенных одно за другим в течение довольно продолжительного периода времени. Вероятно, при постройке этих сооружений приходилось транспортировать частями огромные блоки из песчаника (ве-

сом до 50 т) на расстояние более 30 км. Для этой цели строители скорее всего использовали своеобразные катки. Каменные окружности Стоунхенджа сделаны из так называемого голубого камня, который, вероятно, доставляли на судах и плотах за сотни километров.

Что же скрывается за этими странными внушающими трепет каменными знаками? Ученые уже целое столетие строят всевозможные догадки. В 1906 г. знаменитый английский астрофизик Джозеф Норман Локьер (1836–1920) исследовал сооружение Стоунхенджа, впервые проведя астрономические и геодезические измерения, которые позволили бы судить, насколько достоверны ранее высказанные предположения. Локьер поставил перед собой задачу выяснить, был ли Стоунхендж некогда святилищем Солнца или нет. Он с достаточной точностью установил, что основная «ось» всего сооружения (от средней точки к «пяточному камню») образует с направлением на север угол  $51,23^\circ$  и точно указывает на то место горизонта, где показывается Солнце в день летнего солнцестояния. Подобным образом можно продемонстрировать наличие ориентирных линий, определяющих точку восхода Солнца в день зимнего солнцестояния, а также точек захода Солнца в дни обоих солнцестояний. Если, например, с камня, расположенного в точке II, наблюдать точку  $S_1$ , где, очевидно, находилась специальная метка, то в визире должна появиться точка восхода Солнца в день зимнего солнцестояния. Направление из точки  $S_2$  на камень в точке III указывает точку захода Солнца в день летнего солнцестояния, а точка захода Солнца в день зимнего солнцестояния лежит в направлении визирования из точки III в точку I.

Однако этим далеко не исчерпывается астрономическое толкование сооружений каменного века. В 1963 г. американский астроном Дж. С. Хокинс показал, что Стоунхендж мог бы служить и для наблюдения движения Луны.

Луна движется по орбите, плоскость которой наклонена к плоскости эклиптики примерно на  $5^\circ$ . Точки пересечения орбиты Луны с эклиптикой – так называемые лунные узлы – совершают полный оборот

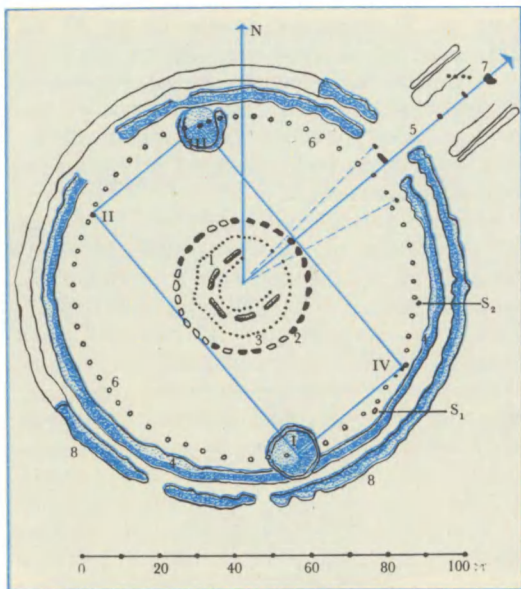
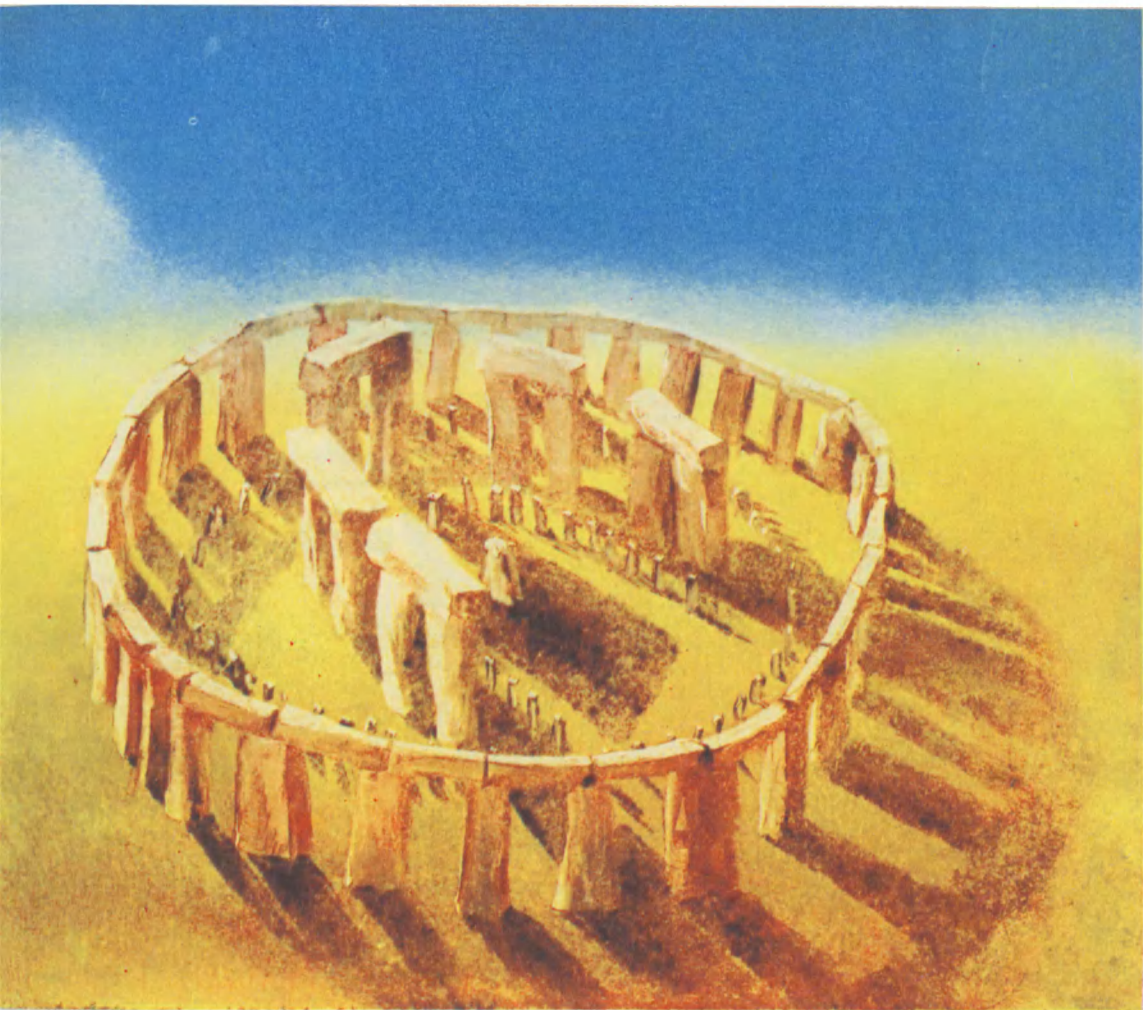


Схема расположения мегалитов Стоунхенджа. Основная часть сооружения состоит из пяти парно перекрытых тяжелых трилитов (1) высотой 7 м, опоясанных каменным кругом [так называемым сарсеновым кольцом (2)], которое образовано 30 перекрытыми каменными колоннами. Каждая из колонн имела высоту 5 м. Полагают, что сарсеновое кольцо построено в начале бронзового века (около 1600 г. до н.э.); круг из более мелких так называемых голубых камней (3), расположенный ближе к центру, сооружен примерно на 150 лет раньше. Еще более древним является вал (4) стометрового диаметра, охватывающий почти все сооружение. Свободным оставлено лишь направление «север-восток». Отсюда начинается еще один вал длиной примерно в 500 м, идущий вдоль искусственной «аллеи». Вдоль внутреннего вала (6) расположены по кругу 56 лунок – древних кострищ – глубиной до 110 см каждая. Эти углубления впервые были описаны в 1663 г. английским археологом Джоном Обри, составившим по поручению Карла II карту Стоунхенджа. Внутри круга Обри холмами и камнями отмечены 4 точки (I–IV), лежащие в вершинах четырехугольника; точка пересечения его диагоналей определяет центр всего сооружения. Оба внутренних каменных сооружения имеют подковообразную форму, а разрыв между ними указывает направление «аллеи». Ширина большей подковы точно соответствует ширине «аллеи». В середине аллеи, примерно в 79 м от центра сооружения, расположен так называемый Пяточный камень (7). Снаружи (8) сооружение окружено рвами и холмами. Каменными блоками, очевидно, отмечали некоторые особые положения Луны и Солнца.

по эклиптике за 18,61 года. Считают, что лунные узлы как бы завершают «тропический год», когда одна и та же фаза Луны вновь совпадает с одним и тем же положением Солнца относительно неподвижных звезд. Вследствие движения узлов восходы и заходы Луны в дни солнцестояний происходят на различных расстояниях от Солнца. Для широты Стоунхенджа эти отклонения могли достигать  $20^\circ$ . По мнению Хокинса, в сооружениях Стоунхенджа отмечены именно точки восхода и захода Луны во время летнего и зимнего солнцестояний. Хокинс пошел в своих выводах еще дальше. Он назвал Стоунхендж «вычислительной машиной каменного века», которая, по крайней мере приблизительно, позволяла предсказывать, например, наступление солнечных или лунных затмений. Хотя подобные суждения подверглись серьезной критике, не возникает сомнения в том, что строители гигантских сооружений Стоунхенджа, жившие около 4000 лет назад, имели на вооружении астрономические познания. Такие сооружения, возможно, использовались и для точного определения начала каждого времени года, т.е. служили своего рода «календарем», игравшим огромную роль в жизни древних людей.

Монументальные сооружения, обнаруженные в Европе, неопровержимо свидетельствуют о том, что астрономические познания не были привилегией только «особых цивилизаций», возникших в условиях благоприятного климата, – они формировались всюду, где этого требовало развитие общества. Это в равной мере относится и к высокоразвитой астрономии древней Индии и древнего Китая, а в более позднее время астрономии майя и инков. Встречающиеся и поныне остатки гигантских каменных построек при тщательном рассмотрении оказываются своеобразными «инструментами» для наблюдения звезд, Луны и Солнца, а также для определения их положений.

Вновь возвратившись теперь к достижениям вавилонской астрономии, мы обнаружим ее непосредственное влияние на астрономию древней Греции.



Культовое сооружение каменного века в Стоунхендже. Возможно, примерно так оно выглядело в те далекие времена, прежде чем подверглось разрушению природными стихиями.

### «Блистательная госпожа неба»

К югу от Багдада (на территории современного Ирака) всюду можно встретить руины древнейшей цивилизации – остатки некогда цветущей столицы Вавилонского царства. Здесь, в Вавилоне, находилась резиденция самого могущественного владыки Первой вавилонской династии – Хаммурапи (1792–1750 гг. до н.э.). Месопотамия, практически лишенная леса, строительного камня и руды, имела тем не менее высоко-

и судоходство, и это, в частности, обусловило относительно высокий уровень развития математики и астрономии.

Вопрос о том, что считать за начало истинно научной астрономии, далеко не прост. Однако систематическое составление списков созвездий – по их расположению в ночное время, – пригодных для отсчета времени года, несомненно, следует рассматривать как качественно новую ступень в развитии астрономии. Такие списки, которые обычно составляли священнослужители и государственные чиновники, появились у египтян уже около 2000 г. до н.э. Как явствует из надписей, обнаруженных в гробницах того времени, такие списки включали всего 36 звезд или созвездий (позднее они получили название «деканы»), первое появление которых перед восходом





Древняя астрономическая обсерватория народа майя на полуострове Юкатан (Мексика, X в.).

Солнца (гелический восход) позволяет определять время года. Кроме того, стало возможным определять положение различных декан в ночные часы, что давало дополнительные сведения о времени в ночной период.

Все деканы расположены в виде пояса южнее эклиптики. От гелического восхода одного декана до гелического восхода другого проходит точно 10 суток. На основании таких наблюдений год делился на 36 «недель», по 10 суток каждая. В течение одной ночи, если считать от момента вечерних сумерек до рассвета, восходят один за другим 12 декан. Поэтому ночь делилась на 12 равных частей – «часов». Деканы одновременно исполняли роль «звездных часов». Нужно было только знать, какой декан первым восходит ночью над горизонтом и какова последовательность появления декан. Древнейшим астрономическим свидетельством, дошедшим до нас из Вавилона, которое указывает на системати-

ческое наблюдение неба, можно считать серию наблюдений Венеры. Вавилонским священнослужителям-астрономам было уже известно, что вечерние и утренние звезды – одни и те же светила. Это отнюдь не само собой разумеющееся умозаключение; даже греки пришли к нему относительно поздно.

Наблюдения Венеры проводились в Вавилоне в течение 21 года. В конце концов наблюдатели сделали вывод, что «блистательная госпожа неба» – так называли Венеру вавилоняне – не произвольно, а в четко определенной последовательности появляется на вечернем и утреннем небе. Не исключено, что наблюдения Венеры в Вавилоне относятся к тому же тысячелетию, когда египтяне ввели свои деканы. Эти наблюдения дали важную информацию, которая облегчила ориентацию людей во времени, однако их роль в развитии вавилонского календаря, по-видимому, была незначительной.

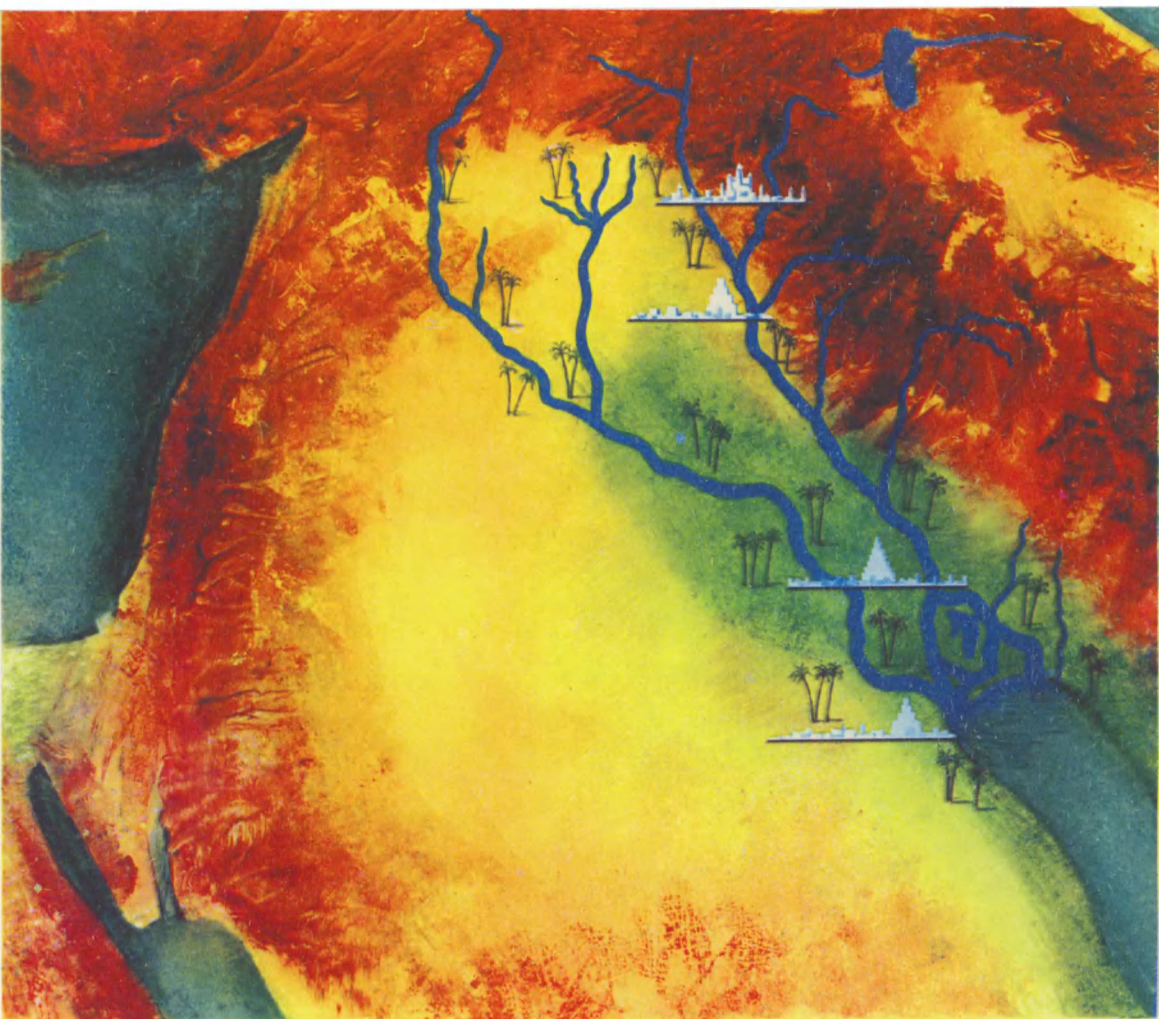
Естественно, жителям Вавилона необходимо было точно определять время посева и уборки урожая. Но древний календарь, существовавший еще в годы правления царя Хаммурапи, для этой цели не годился.

Среди различных разновидностей года наибольшее значение имел тогда лунный год, состоявший из 354 суток; он подразделялся на 12 месяцев разной продолжительности (29 и 30 суток). Это, безусловно, приводило к постоянному смещению календарных дат относительно времен года, что требовало введения поправок – обычно они были весьма произвольны. Иногда один за другим следовали три или четыре високосных года, и лишь после того, как неритмичность связи календарных месяцев с астрономическими явлениями становилась очевидной, вводились какие-то поправки. Однако более точное знание движения Солнца и Луны давало возможность

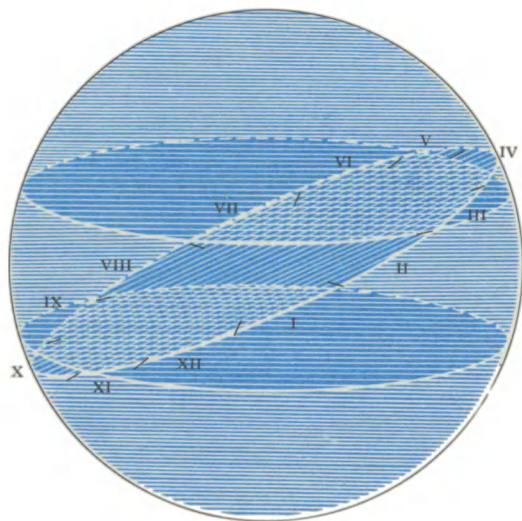
Здесь – в долинах Тигра и Евфрата – тысячи лет назад зародилась астрономия.

как-то упорядочить эту систему поправок. Значительно позже (примерно со II в. до н.э.) вавилонская система летоисчисления стала основываться на лунно-солнечном годе, который имел 19-летний цикл. Каждый год из первых 12 подразделялся на 12 месяцев, а каждый год из оставшихся 7 – на 13 месяцев. В основе такого деления лежал тот факт, что 235 синодических месяцев ( $12 \cdot 12 + 7 \cdot 13 = 235$ ) точно соответствуют 19 тропическим годам. Ошибка составляет лишь 124,7 мин. Но, поскольку эти сведения тогда еще не были известны, те или иные месяцы просто связывали с восходом определенных звезд, подобно тому, как это делали египтяне, пользуясь деканами.

Звезды подразделялись по трем «зонам»: Энлил, Ану, Эа. Точное исследование поло-







Зоны Эа, Ану и Энлил и траектория движения Солнца.

жения различных зон показало, что в качестве линии, относительно которой определялось это положение, вавилоняне использовали небесный экватор. Принималось, что Солнце весной и осенью находится в зоне Ану (она простиралась на  $30^\circ$  к северу и югу от экватора), летом — в зоне Энлил (севернее Ану), зимой же — в зоне Эа (южнее Ану). Следовательно, вавилоняне понимали, что в течение года Солнце движется по орбите, наклоненной к экватору.

## Затмения и пророчества жрецов

Для определения продолжительности месяца вавилоняне прежде всего использовали наблюдения Луны. Характерной особенностью таких наблюдений можно считать тщательный подбор эмпирических фактов, которые затем обрабатывались математически. Вавилонские астрономы упорно добивались того, чтобы все расчеты опирались на возможно более простые предположения о движении небесных тел. Так, они заметили, что Солнце движется по эклипке не с постоянной скоростью. Пояс зодиака<sup>1</sup> (разумеется, еще с иной, чем

ныне, последовательностью созвездий) был разделен на два участка, в каждом из которых Солнце двигалось с различной (постоянной) скоростью.

Однако для Луны подобный подход явно не годился: здесь следовало вводить скорость, которая бы равномерно увеличивалась или уменьшалась. Благодаря очень тщательным вычислениям продолжительность, например, синодического месяца<sup>2</sup>, была определена с точностью до 7-го разряда шестидесятиричной системы. В конце концов вавилоняне получили возможность достаточно точно предсказывать лунные затмения.

Известно, что лунное затмение наступает в тот момент, когда во время полнолуния Луна проходит вблизи эклиптики, иначе говоря, Луна оказывается вблизи узла орбиты. Тщательная регистрация движения Луны по широте (вавилонские математики описывали его линейной зависимостью), с одной стороны, и весьма точное знание продолжительности синодического месяца, с другой, позволяло заранее определять тот момент, когда малая эклиптическая широта полной Луны минимальна. Кроме того, вавилонским астрономам было также известно, что положения узлов Луны повторяются примерно через 18 лет и 11 дней (цикл Сароса). Все эти знания древние астрономы использовали для предсказания затмений.

Необходимо отметить, что в Вавилоне, как, впрочем, и в Древнем Египте, астрономические наблюдения были монополией жрецов. Астрономические познания позволяли им предсказывать ход природных

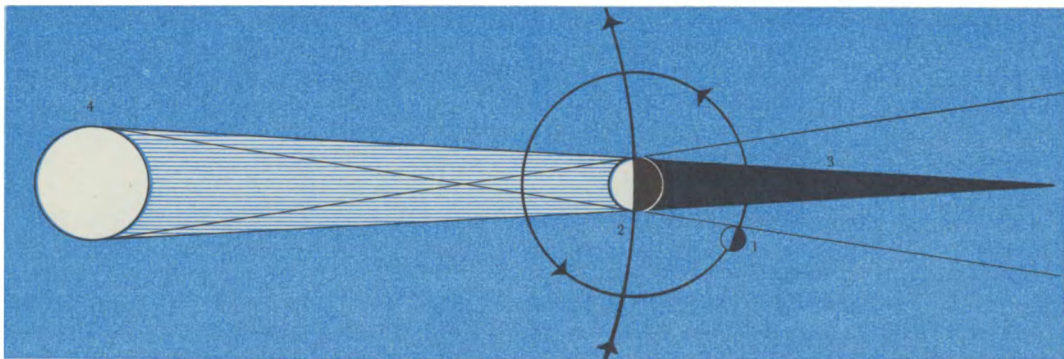
нецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы) вдоль видимого годового пути Солнца среди звезд (эклиптики).— Прим. перев.

<sup>2</sup> Синодический месяц — промежуток времени между двумя последовательными одинаковыми фазами Луны, его продолжительность не постоянна и в среднем составляет 29,530588 средних солнечных суток.

Сидерический месяц (звездный месяц) — промежуток времени между двумя последовательными возвращениями Луны в ее месячном движении в одно и то же (относительно звезд) место небесной сферы; его продолжительность изменяется в течение года и ее средняя величина равна 27,321661 средним солнечным суткам (сидерический месяц короче синодического вследствие движения Земли по своей орбите).— Прим. перев.

<sup>1</sup> Пояс зодиака (зодиакальный круг) — 12 созвездий на небесной сфере, расположенных в определенной последовательности (Овен, Телец, Близ-





Лунное затмение. Если Луна (1) при обращении вокруг Земли (2) полностью попадает в тень (3), создаваемую земным диском, то жители неосвещаемого Солнцем полушария Земли (4) наблюдают полное лунное затмение. Если Луна лишь частично закрывается Землей, то наступает частичное лунное затмение. Когда же Луна попадает в область земной полутени, то лунное затмение также происходит, но оно незаметно невооруженным глазом – это так называемое полутеневое затмение.

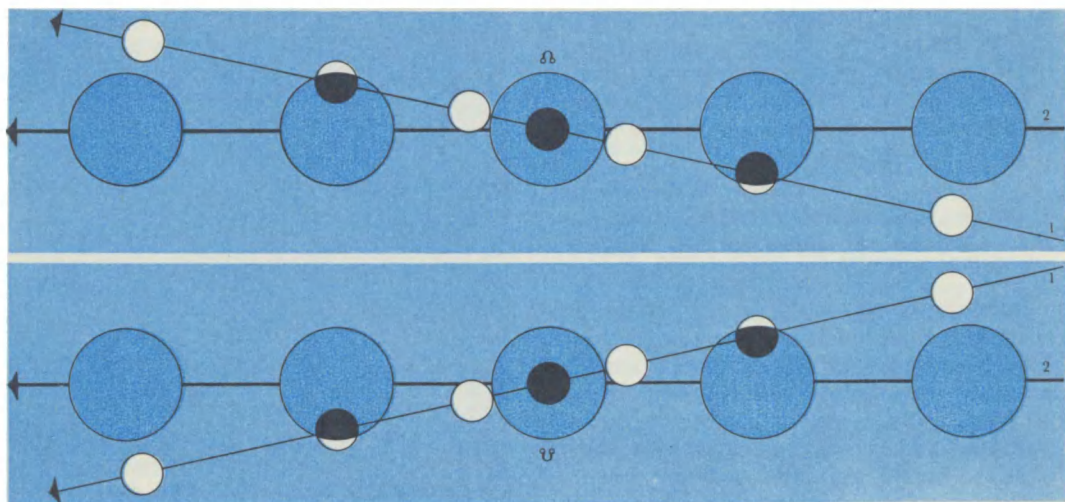
процессов, и эту привилегию жрецы активно использовали на благо своего сословия – знания, полученные путем наблюдений, они возводили в ранг пророчеств.

Имеются свидетельства того, что лунные затмения люди научились предсказывать очень давно. Живший в VII в. до н.э. астролог Надину оставил два коротких сообщения, которые скорее всего относятся к одному и тому же затмению. В первом из них затмение предсказывается; во втором описывается его наблюдение. Надину дает также астрологическое толкование

явления и, отмечая положительное значение затмения для своего повелителя, пишет: «Сердце моего царя может радоваться». Поскольку во времена древнего Вавилона не существовало теории движения Луны, для предсказаний, вероятно, приходилось делать постоянные «перерасчеты» периодов затмений.

Вавилонская астрономия, развитие которой закончилось около 200 г. до н.э., наряду с древними китайской и индийской астрономиями, без сомнения, принадлежит к числу первых достижений человечества в исследовании звездного неба. Неутраченные наблюдения в сочетании с остроум-

«Тип» затмения зависит от расстояния между Луной и точкой пересечения ее орбиты (1) с эклиптикой, так называемого узла орбиты: если Луна во время полнолуния находится непосредственно в узле, то наблюдается полное затмение; если же она отклоняется от узла на определенный угол к северу или к югу, то происходит частичное затмение (2 – перемещение ядра земной тени;  $\Omega$  – восходящий узел орбиты;  $\varphi$  – нисходящий узел орбиты).



ной математической обработкой материала заложили основы научной астрономии будущего.

Однако чего практически была лишена астрономия Вавилона, так это систематизации добытых знаний с целью создания единой картины мира. Землю вавилоняне принимали за диск, на окаймленных горами краях которого покоится небесная сфера. Карта, запечатленная на табличке, дошедшей до нас из тех времен, позволяет судить об астрономических представлениях вавилонян: в центре изображенной равнины возвышается Вавилон (аналогично древние китайцы считали, в центре земного диска находится Китай). Имеются отдельные подробности в виде рек и городов, еще дальше океан и в стилизованном виде «дальние области мира». На одной из этих областей написано: «Страна, где не видно Солнца». Благодаря торговле и путешествиям уже тогда, очевидно, Вавилон получал сведения о местах, лежащих по другую сторону северного тропика.

## От Вавилона до Греции

Знаменитый греческий философ Фалес из Милета (625–547 гг. до н.э.) принадлежит к числу наиболее выдающихся астрономов античного мира. Подшучивая над его усердием при изучении звезд, греческий историк философии Диоген Лаэртский, живший примерно в первой половине III в., писал: «Однажды отправившись в сопровождении какой-то старухи наблюдать звезды, он упал в яму. На его вскрик от боли старуха заметила: «Ты не можешь видеть, Фалес, что лежит у тебя под ногами, а мечтаешь познать, что есть в небе»».

По-видимому, именно Фалес составил руководство по астрономии для моряков, о котором Каллимах писал:

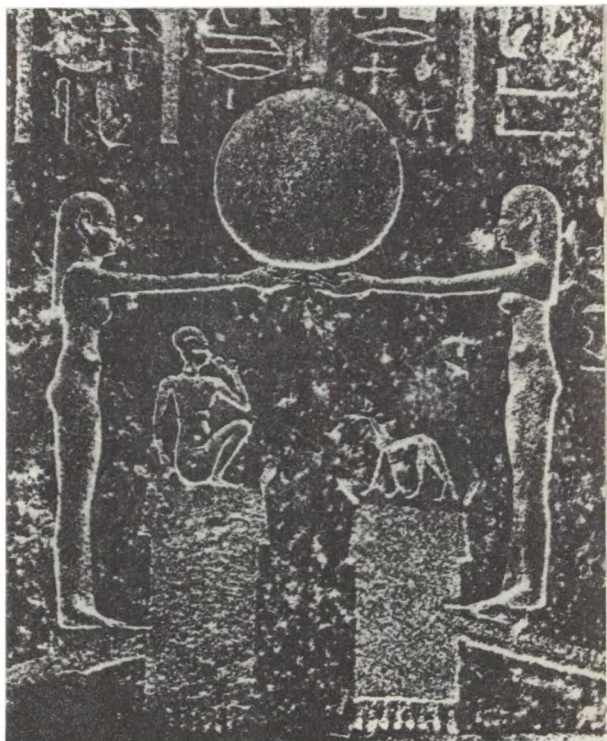
*«Говорят, что он также открыл созвездие — Путеводитель в море для финикийцев».*

Конечно, поэт несколько преувеличил, поскольку бросающаяся в глаза группа почти одинаковых по яркости звезд, которая сегодня называется созвездием Весов и представляет собой часть созвездия Большой Медведицы, по-видимому, была известна еще с древних времен.

Заслуживает внимания сообщение Геродота (около 490–425 гг. до н.э.) о Фалесе. В год, когда произошла битва в Галлии. Фалес должен был предсказать затмение Солнца, которое действительно произошло, и сегодня его отождествляют с затмением 28 мая 584 г. до н.э. Однако известно, что в то время у греков еще не было теории, которую можно было бы использовать для такого предсказания. Вместе с тем мы знаем, что Фалес — уроженец малоазиатского городка, расположенного на побережье Средиземного моря, — принимал различные путешествия и благодаря этому поддерживал тесные контакты с египетскими священнослужителями. Очевидно, от них он и узнал вавилонский метод предсказания затмений. Во всяком случае, иначе объяснить успех его предсказаний довольно трудно.

Многое свидетельствует о том, что достижения египетской и вавилонской астрономии получили широкое распространение в античном мире. В качестве примера можно сослаться опять же на Геродота. Он писал, что греки переняли у вавилонян деле-

Древнеегипетский миф: ночь передает Солнце дню.







Картина, изображающая полное солнечное затмение в древнем Вавилоне. На переднем плане показана культовая площадка, которая одновременно служила и «обсерваторией».

ние дня на 12 равных частей. Некоторые ученые утверждают, что пифагорийская магия чисел является убедительным доказательством огромного влияния вавилонского образа мышления на греческое. В начале греческая астрономия действительно ориентировались преимущественно на геометрию. Орбиты небесных тел рассматривались как окружности или вращающиеся сферы. Лишь позднее у греков развился геометрический и числовой подход. У вавилонян было иначе: у них преобладала вычислительная астрономия. Числа, периоды и отношения периодов играли в ней решающую роль. Именно в этих величинах нуждались пифагорийцы. Они стремились, например, к определению «большого года» — общего кратного периодов обращения всех планет. Однако для выведения периодов — особенно внешних планет Юпитера и Сатурна — требуются очень сложные расчеты. Таким образом, весьма вероятно,

что древние греки знали вычислительную астрономию Вавилона и пользовались ею для получения нужных числовых значений, которые возводили в абсолют.

Итак, с полным правом можно утверждать, что именно вавилонская астрономия с ее многолетними наблюдениями и тщательным хранением ценных материалов наблюдений стала фундаментом для создания греческой астрономии и проложила путь к формированию первой в истории человечества астрономической картины мира.

Синодические периоды планет (в сутках) по вавилонским наблюдениям, Птолемею и современным данным

| Планеты  | Вавилонские данные | По Птолемею | Современные данные |
|----------|--------------------|-------------|--------------------|
| Меркурий | 115,877672         | 115,878161  | 115,877484         |
| Венера   | 583,9097           | 583,9333    | 583,9214           |
| Марс     | 779,9951           | 779,9428    | 779,9362           |
| Юпитер   | 398,88962          | 398,88642   | 398,88407          |
| Сатурн   | 378,1018           | 378,0930    | 378,0919           |





Огромный каменный календарь ацтеков («Камень Солнца»), датируемый XV в. В центре изображен бог Солнца, окруженный символами четырех солнц, ранее «погибших в катастрофах». Следующая окружность состоит из 20 частей, соответствующих 20 суткам месяца. Год по ацтекскому календарю состоял из 18 месяцев и соответственно 360 суток; 5 жирных точек обозначают 5 оставшихся суток года – в эти дни бог Солнца «подкреплялся» человеческими жертвами, чтобы пополнить свои силы.

# КНИГА С КАРТИНКАМИ И СИСТЕМА КОЛЕС

Пути, которыми люди проникают  
в суть небесных явлений,  
представляются мне почти столь  
же удивительными, как и сами эти  
явления.

*Иоганн Кеплер*

## Древний миф и картина звездного неба

Сын Зевса и царской дочери Данаи Персей, странствуя над морями и странами, пролетал однажды над Эфиопией. Внизу, на берегу моря, он заметил прикованную к скалам молодую девушку. Невдалеке стояли опечаленные царь Эфиопии Кефей (Цефей) и его жена Кассиопея, ибо девушка была их дочерью Андромедой.

В несчастье дочери была виновата сама Кассиопея, которая высокомерно считала себя равной по красоте морским девам — персеидам. Возмущенные нимфы пожаловались Афродите, супруге бога моря Посейдона, и тот послал огромное морское чудовище отомстить за оскорбленных морских дев. Безжалостное чудовище опустошало владения царя Кефея, пожирая зверей и людей, а тот и не догадывался о причине беды, постигшей его страну. Лишь оракул Зевса подсказал ему, что это — кара за высокомерие Кассиопеи. И положить конец ужасному нашествию можно лишь одним способом — принести в жертву царскую дочь Андромеду! Если отдать ее на съедение морскому чудовищу, оно успокоится и прекратит свои злодеяния, а иначе от Эфиопии и ее жителей не останется и следа.

Кефей призвал своих советников. Они единодушно решили — нужно скорее принести требуемую жертву: «Еще одну дочь можно родить, но откуда взять новых подданных? А без подданных у тебя не будет власти!» И царь повелел приковать дочь к скале на морском берегу. Народ, узнав о страшном решении, потребовал, чтобы смерти была предана не Андромеда, а Кассиопея, поскольку именно она виновата

в случившемся. Однако жрецы стояли на своем: «Воля Зевса священна!»

Несчастливая Андромеда, прикованная к скалистому утесу, ждала своего конца. Так и увидел царскую дочь Персей и спросил, почему она здесь. Едва Андромеда успела ответить ему, как из глубин моря показалось чудовище. Оно быстро двигалось к берегу, где была прикована Андромеда. Казалось, гибель ее неминуема. Тогда Персей обратился к царю и его жене: «Если вы обещаете мне вашу дочь в жены, то я вступлю в бой с морским чудовищем и освобожу ее, ибо наказание Зевса несправедливо». Царская чета поклялась выполнить его условие, и Персей вступил в бой. С облачных высот он бросался на чудовище и наносил ему острым мечом рану за раной, пока из разъяренного зверя не потекла рекой темно-красная кровь и на глазах морских дев, издаലെка наблюдавших за сражением, он не погрузился в морскую пучину.

Звуки народного ликования достигли облачного дворца Зевса. Разгневанный непослушанием громовежнец схватил было молнию, чтобы покарать ослушника, но вдруг увидел, что это его собственный сын Персей, державший на руках Андромеду. По предсказанию бога Урана Персей должен был получить в жены девушку, спасенную им от смерти. Не Андромеда ли эта девушка? Уран предсказал также, что у Персея и его жены должен родиться сын — герой Геракл, которому предназначено помочь Зевсу в борьбе с титанами. Пришлось Зевсу простить дерзкому сыну непослушание. И с благословения царя Кефея и царицы Кассиопеи Персей и Андромеда стали мужем и женой.

Этот древнегреческий миф об освобо-



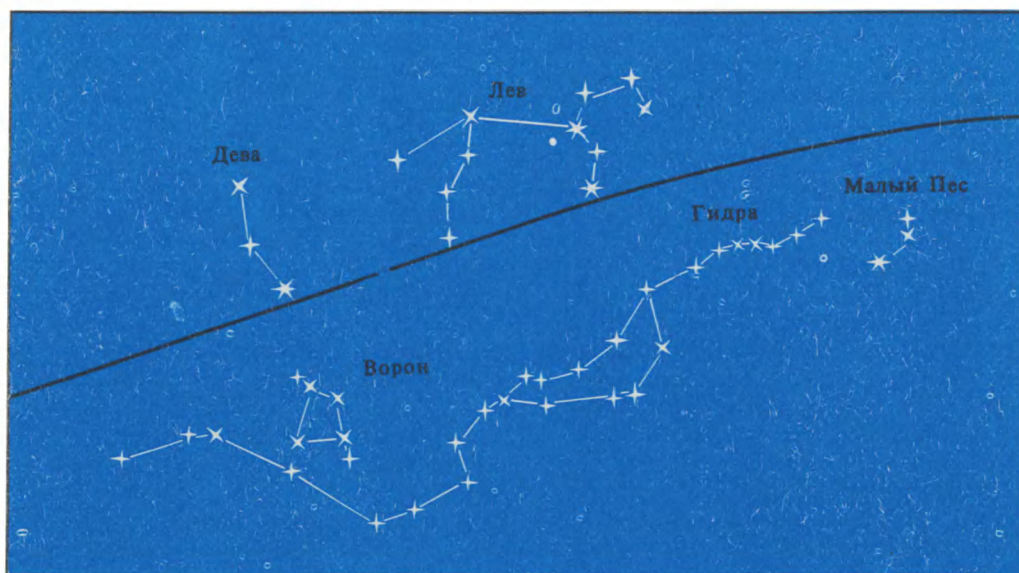
Семь ярких звезд Большого Ковша – у римлян созвездие Семи Быков.

ждении Андромеды Персеом невольно заставляет нас взглянуть на небо. Когда в северном полушарии Земли на смену лету приходит осень, в ранние вечерние сумерки в юго-восточной части горизонта можно разглядеть вытянувшееся созвездие Андромеды, рядом с которым (в направлении кажущегося суточного вращения небесной сферы) виднеется созвездие Персея. Посредине Млечного Пути, почти в зените, бросается в глаза «небесное W», которое носит имя Кассиопеи, а несколько западнее

Картина созвездий в астрономии Древнего Вавилона: созвездия Девы, Льва, Вороны, Гидры и Малого Пса.

от него находится звездный четырехугольник Цефея.

Современный человек, глядя в ясную звездную ночь на небо, в основном лишь интересуется определенными, известными ему, созвездиями. Однако в жизни людей прошлого созвездия играли огромную роль. Только благодаря им человек, вообще говоря, мог тогда ориентироваться в пространстве. Наблюдение созвездий способствовало развитию астрономии. Поэтому созвездия относятся к числу самых ранних «звездных завоеваний» людей. В их названиях скрыто не что иное, как попытка человека «перенести на небо» известные ему земные образы и события и в своем воображении объединить в фигуры беспорядочно разбросанные светящиеся точки. Так возникли созвездия различных типов:







«Большая Медведица» — пример контурного созвездия.

контурные изображения, где линии, связывающие звезду со звездой, вырисовывали силуэт определенной фигуры, и групповые изображения, в которых каждой звезде приписывался определенный образ. К числу первых относятся, например, Большая Медведица или Орион, типичным представителем вторых является группа созвездий Семи Быков.

Современные астрономы единодушны в том, что не следует больше вводить новых созвездий, а границы уже имеющих целесообразнее задавать посредством определенных координат так, чтобы в сомнительном случае все астрономические объекты можно было однозначно «привязать» к тем или иным созвездиям. Согласно международной договоренности, в северном и южном звездном небе насчитывается всего 88 созвездий. Поразительно, что при точной перепроверке оказалось, что половина из них были известны уже в Древней Греции, а подавляющую часть их люди знали много раньше: по-видимому, большая часть созвездий перешла в Грецию из Вавилона. Этот факт можно рассматривать как убедительнейшее подтверждение сильного влияния вавилонской астрономии на греческую. Прежде всего это касается пояса зодиака, который был известен вавилонянам примерно еще в 700 г. до н. э. Путь Солнца по небесному своду вавилоняне делили на 4 отрезка,

а год — на 12 месяцев; следовательно, в каждой из четырех частей Солнце должно находиться в течение трех месяцев. Вавилонские названия созвездий во многом напоминают более поздние греческие обозначения.

«Гу. ан. на» по-вавилонски означает «Бык неба», что совпадает с греческим созвездием Быка. «Мас. туб. ба. гал. гал» — «Большие Близнецы», которым у греков соответствовало то же самое созвездие. Основная звезда созвездия Девы, еще и сегодня имеющая греческое обозначение *Spica* (Колос), у вавилонян называлась «Аб. шин», что переводится как «Колос богини Салá». Созвездия Весов и Скорпиона также имеют вавилонское происхождение. На вавилонском пограничном камне, который относится к касситскому периоду, найдено изображение странного существа с собачьей и человеческой головами и двумя хвостами. На египетском поясе зодиака этот образ возникает вновь в виде стреляющего из лука кентавра. Не подлежит сомнению, что здесь речь идет о греческом созвездии Стрельца. Подобным образом можно доказать, что созвездия Козерога и Рыбы также обязаны своим появлением вавилонской астрономии.

Однако можно привести немало примеров противоположного сорта — когда одни и те же бросающиеся в глаза группы ярких звезд у разных народов в различные времена имели отличные друг от друга назва-

Греческий герой Гераклус укрощает Дракона.



ния. Так, например, семь звезд ковш созвездия Большой Медведицы часто употреблялись под другим названием. Это вполне естественно, потому что любой сколько-нибудь внимательный наблюдатель неба не мог не выделить группу из семи почти одинаковых по яркости звезд. Римляне видели в этой группе светящихся точек 7 быков (*Septem triones*). Чукчи северо-восточной Сибири рассмотрели в них семь метателей арканов, которые охотятся на оленей.

Все это говорит о том, что «звездные картины» были непосредственно связаны с жизнью народов. Это относится также и к созвездиям «греческого неба», хотя подобная зависимость не всегда очевидна. В результате утомительной и кропотливой работы специалистам удалось проследить процесс наименования созвездий. При этом было твердо установлено, что вначале преобладали определенные мотивы, тесно связанные с непосредственной общественной практикой народов. Лучшим тому доказательством служит классическая греческая картина звездного неба: из 44 изображений, которые дошли до нас благодаря поэме Арата «Созвездия и приметы погоды», 12 представляют собой фигуры людей, 23 — зверей и мифические персонажи, 7 — предметы, а две — композиционные фигуры полулюдей-полуживотных, причем изображения людей и животных часто объединяются. Например, у Арата в поясе зодиака Дракон следует за Геркулесом, Скорпион за Змееносцем, Бык за Возничим, Козерог за Водолеем, Орел за Стрельцом, Большой Пес за Зайцем и Волк за Центавром.

Эту бросающуюся в глаза взаимосвязь людей и животных нетрудно понять, если учесть, что в названиях и расположении созвездий нашли отражение наиболее существенные события из жизни древних народов. При таком подходе кажущаяся бессвязность превращается в разумную «последовательность», основная мысль которой — человек властвует над животными.

Способность побеждать дикого зверя — одно из первых достижений древнего человека. Зверь во многом превосходил человека: мог быстрее бегать, лучше лазить, летать или плавать, и тем не менее человек подчинял его себе. Таким образом, объединяя звезды в некие комбинации человек — зверь и присваивая им соответствующие

названия, человек стремился запечатлеть одну из первых своих побед над природой.

Не случайно в древней мифологии столь часты схватки героев и зверей, которые обычно олицетворяют злую силу. Так, Возничий, имеющий, кстати, одну общую яркую звезду с Быком, согласно древним преданиям, чтобы победить зверя, ставит ноги на рог и затылок ему, пригибая его голову к земле. В этом сюжете, по-видимому, нашел также отражение процесс одомашнивания зверей, который при рабовладельческом строе в эпоху пахотного земледелия и скотоводства имел свои особенности. Кроме того, Возничий держит в руках дубинку и двух козлят.

Так же и Геркулес (самый великий укротитель зверей в греческой мифологии) ставит ногу на голову побежденного Дракона.

Именно подобное толкование связей между «звездными изображениями» зверей и людей подтверждает то, что образы греческой мифологии создавались самой греческой жизнью. В них «мудрость людей превращалась в смысловые картины». Другими словами, важнейшим источником произведений древнего искусства, дошедших до нас в форме сказаний, была собственная история того или иного народа и история его предков. Основоположники марксизма рассматривали греческий эпос как «путеводитель» при изучении истории. «Вечный восторг», который вызывают эти произведения «исторического детства человечества» (К. Маркс), объясняется тем, что они передают нам в увлекательной и художественно зрелой поэтической форме моментальные снимки действительности далекого прошлого.

У других древних цивилизаций наблюдения неба также вызывались жизненной необходимостью каким-то образом ориентироваться во времени. О том, как проводились такие исследования в древнем Китае, нам рассказывает «Календарь трех циклов» Лю Цзина — своего рода справочник, из которого, в частности, можно узнать, что китайцы, как и вавилоняне, использовали лунно-солнечный год, имеющий 19-летний цикл.

Будучи убежденными, что земные и небесные события тесно взаимосвязаны, китайские астрономы тщательно наблюдали и отмечали все особые небесные явления, такие, как конфигурация планет, затмения и т. д. Чиновники китайского двора имели

указание сообщать «обо всех неожиданных неприятностях», чтобы можно было вовремя принимать меры для «примирения» с небом.

В древней Индии астрономия преимущественно сводилась к проблемам исчисления времени, причем особое предпочтение отдавалось очень длительным наблюдениям, что в принципе характерно и для древней китайской астрономии. При этом возникали многочисленные спекуляции, от-

Таблица народа майя XII—XIII вв. с датами гелических восходов и заходов Венеры для трех столетий.



ражавшие стремление и одновременно бессилие человека на основе скудных и ненадежных фактов создать цельную картину мира. Так, например, индийские астрономы объединяли 360 лет в «год богов», а 12 000 последних составляли «великий год». По прошествии 1000 «великих лет» должен был настать «день Брахмы», за которым следует долгая ночь, а затем, как полагали индийские философы, вся история мира во всех подробностях начнется сначала. Позднее индийская астрономия многое позаимствовала из системы знаний древних греков.

У народов Центральной Америки, особенно у майя, астрономия развивалась почти независимо. Удаленные от древних культурных центров народы этого континента тем не менее должны были решать аналогичные задачи. Многочисленные письмены, высеченные в камне в первые века новой эры и дошедшие до наших дней, прежде всего содержат сведения о выверенной системе исчисления времени, которая сохранялась и в средние века, когда первые испанские мореплаватели ступили на землю Мексики. Дни здесь нумеровались просто по порядку без каких-либо временных символов и астрономической привязки. Однако при этом указывалась последовательность отдельных дней внутри полного года, состоящего из 365 суток, а также в пределах так называемого периода Цолкин, включающего 260 суток. Деление года осуществлялось независимо от движения Луны. Напротив, у народа майя год делился на 19 месяцев, 18 из которых имели продолжительность 20 суток и один, короткий, месяц — 5 суток.

## В поисках принципов

В период расцвета вавилонской астрономии, длившийся многие столетия, произошли существенные изменения в экономике, политике и социальной структуре общества. Наряду с бронзой пошло в ход железо. Всевозрастающее общественное разделение труда и, как следствие этого, повышение его производительности привело к тому, что производимые изделия начали все в большей степени становиться объектами торговли, т.е. товарами. В результате значительно возросла роль новых прибрежных стран по сравнению с древни-





Древнеиндийская обсерватория; ступенчатое сооружение служило «стрелкой» огромных солнечных часов.

ми государствами, сформировавшимися в глубинах материков, как правило, вдоль речных пойм. Этим объясняется выдающаяся роль в Древней Греции городов, расположенных на берегах Черного и Средиземного морей. В этих городах богатые купцы и ремесленники начали играть все более значительную роль, тогда как влияние рабовладельческой аристократии постепенно падало. Раб теперь уже не был, как ранее, домашним рабом, а, по определению Аристотеля, превратился в «одушевленное орудие»; он не только производил товар, но и сам служил предметом торговли, т.е. был живым товаром.

Сферы деятельности, не связанные в то время непосредственно с производством, прежде всего наука и искусство, все более нуждались в свободных людях. Круг людей, «производящих» знания, непрерывно увеличивался. Переход от господства рабовладельческой аристократии к рабовладельческой «демократии» и новым общественным отношениям не означал, однако, что основные черты рабства были изжиты. Это была «демократия» для господствующего класса. И как и прежде, искусством и наукой занимались представители этих кругов.

В отличие от вавилонян и египтян греки направили свои усилия прежде всего на то, чтобы накопленные к тому времени фактические знания о природе привести в соответствие друг с другом и на основании

этого создать единую рационально обоснованную картину мира. Основная роль в этом процессе была отведена философии, которая объединяла все области тогда еще не слишком разветвленной науки и в первую очередь значительно способствовала развитию астрономии.

Огромная заслуга греков состоит в том, что они выработали такую систему представлений, которая позволяла на основе немногих общих принципиальных положений объяснить многообразные небесные явления. Конечным результатом этих усилий античной астрономии явилось создание геоцентрической картины мира.

Греки первыми стали говорить о космосе — понятии, которое одновременно означало и «красоту» и «порядок». Вначале античные мыслители понимали под космосом исключительно небо с его мерцающими созвездиями. Однако вскоре это слово стало выражать собой в целом мир как нечто упорядоченное, гармоничное и доступное пониманию человеческого разума. Земля, вода, воздух и небо казались грекам связанными между собой вполне определенным конкретным образом: так, метеору, например, надо 9 дней, чтобы упасть с неба на Землю, а затем еще 9 дней, чтобы оттуда добраться до царства Тартара в «мир теней».

Стремление греческих мыслителей к пониманию мира находит свое глубокое выражение в том, что они первыми достаточно четко начали говорить о существовании Вселенной как некоего единого целого. С полным основанием можно утверждать, что в античной Греции был заложен фундамент собственно космологии. Античные философы не ограничились констатацией известных фактов и развили идеи небывалой смелости.

Впечатляющие примеры того, как это происходило, мы находим у философов-материалистов Левкиппа из Абдеры (примерно 500—400 гг. до н. э.) и Демокрита из Абдеры (около 460—370 гг. до н. э.), а в художественном представлении — у Лукреция Кара (98—55 гг. до н. э.) в его знаменитой научной поэме «О природе вещей». В ней дана великолепная картина бесконечного и безграничного пространства, заполненного бесконечной движущейся материей. Лукреций говорит о бессмысленности и неразумности понятия конечной Вселенной, ограниченной сферой с неподвижными

звездами, о которой писали, например, Аристотель из Стагира (384—322 гг. до н. э.) и Евдокс (408—355 гг. до н. э.). Допустим, вблизи предполагаемого края мира, рассуждал Лукреций, следуя соображениям Демокрита и Левкиппа, летит копье, которое метнули в направлении сферы неподвижных звезд. Копье либо пройдет через сферу вследствие собственной инерции, либо оттолкнется от нее. Но и в том, и в другом случае «край мира» вовсе не будет «краем», потому что если копье встречает его как материальное препятствие, то этот «край» должен быть «обозначен» в пространстве, т. е. должен находиться в космосе. Следовательно, он не может ограничивать космос, а потому мировое пространство должно простирается далее. Таким образом, пространство можно мысленно продолжать все дальше и дальше — *ad infinitum* (до бесконечности).

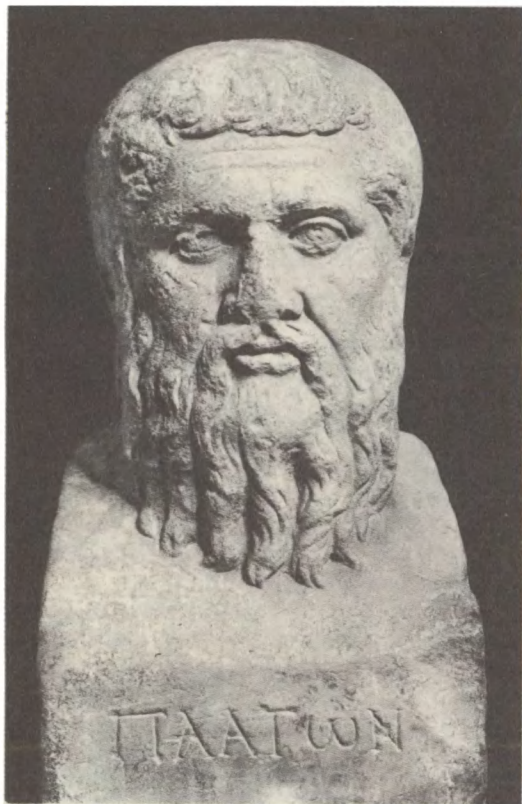
Этой мыслью о бесконечном космосе, высказанной Лукрецием — пусть весьма наивно, — проникнута вся дальнейшая космология: в широкой и углубленной форме ее позднее высказывали Николай Кузанский (1401—1464 гг.) и Джордано Бруно (1548—1600 гг.) и далее — вплоть до современных представлений о космосе, бесконечном во времени и пространстве.

Глубина и последовательность мышления, отличающие античных философов от астрономов древнего Вавилона, безусловно, означали значительный прогресс в формировании представлений о мире в целом.

## Учение Платона и астрономия

Платон был одним из самых влиятельных философов античности. Он жил (428—348 гг. до н. э.) в так называемый аттический период греческой культуры, когда господствующее положение в Греции занимали Афины.

После Пелопоннесской войны (431—404 гг. до н. э.) в Афинах вновь восторжествовала рабовладельческая аристократия. Признанным выразителем ее взглядов был Сократ. В своей идеалистической религиозной этике он пытался теоретически обосновать господство именно аристократии, а не каких-то «совершенно не подходящих» для этого плебеев.



Платон.

Платон был учеником Сократа. Позднее он создал свою философскую школу. Философия Платона — объективный идеализм — находилась в резком противоречии с представлениями греческих материалистов, которых он считал безбожниками.

В формировании философской системы Платона «акушерское искусство» Сократа сыграло огромную роль. Сократ учил, как должны «рождаться» новые мысли. Греческие материалисты рассматривали открытия человечества как необходимое связующее звено между природными явлениями и познающим субъектом. Платон, напротив, утверждал, что природные явления в лучшем случае могут способствовать созданию «мнений», но никак не знаний. Знания может дать лишь духовная сущность. Таким образом, в основе учения Платона, как, впрочем, и любой другой объективно-идеалистической философии, лежит абсолютизация рациональной формы познания.

В «Государстве» — книге, явно защищающей рабовладельческую аристокра-

тию, — Платон объясняет, кого и чему следует обучать. Математике, например, нужно обучать философов — настоящих властителей в «идеальном государстве». Астрономия может пригодиться не только земледельцу и моряку, но и военному. «Народ» же, т. е. широкие массы рабов и юридически свободных простых людей, вообще нет необходимости приобщать к наукам — ручной труд, которым они занимаются, делает их не способными к «духовному зрению».

Без сомнения, философские воззрения Платона оказали большое влияние и на развитие астрономии.

## Догма круговой орбиты

Платон видел в небесных телах, особенно в планетах, не что иное, как свет, который необходим для мыслительного процесса «мировой души». Поэтому считалось, что все небесные тела могут двигаться лишь по геометрически совершенным орбитам, а именно по окружностям. Позднее, как следствие подобных воззрений, сложилось общепринятое представление, что все наблюдаемые небесные явления сводятся к круговому движению, которое к тому же происходит равномерно. Все эти явления необходимо было привести в соответствие с определенными, выведенными из самой сути светил, свойствами. Последние, таким образом, становились основой для всевозможных гипотез. «Отклонения», которые естественно обнаруживались при таком подходе, нужно было «спасать», иначе говоря, «спасать» надо было сами явления. Разумеется, при этом речь шла не о проверке теории на практике. В действительности «спасение» виделось в догме равномерного кругового движения.

Какие же «отклонения», т. е. неравномерности в движении планет, имелись в виду? Уже давно было замечено, что планеты в своем движении по небу делают странные «петли». Вообще говоря, в такие моменты планеты двигались среди неподвижных звезд как бы против кажущегося суточного движения небесной сферы (в этом без труда можно убедиться и сегодня). Временами они даже двигались с востока на запад, как бы вспять. Кроме того, еще вавилоняне заметили, что угловая скорость Солнца изменяется при прохо-



ждении им пояса зодиака. Позднее было установлено, что и планеты также движутся с различной угловой скоростью. Обе эти «аномалии» следовало устранить подходящим толкованием, поскольку они явно не согласовались с требованием равномерного кругового движения, которое считалось самой совершенной его формой.

Платон решительно выступал против любых попыток как-то иначе объяснить или обосновать движение небесных тел. Он утверждал, что движение небесных тел можно вычислить лишь чисто математически и тем самым познать его. Платон категорически требовал от «истинной астрономии» руководствоваться в своих выводах не «смыслом и общим непостоянством изменяющегося бытия», а опираться на явления, происходящие по «ту сторону видимого неба», где всякое замедление и ускорение предстают в своих «истинных численных соотношениях».

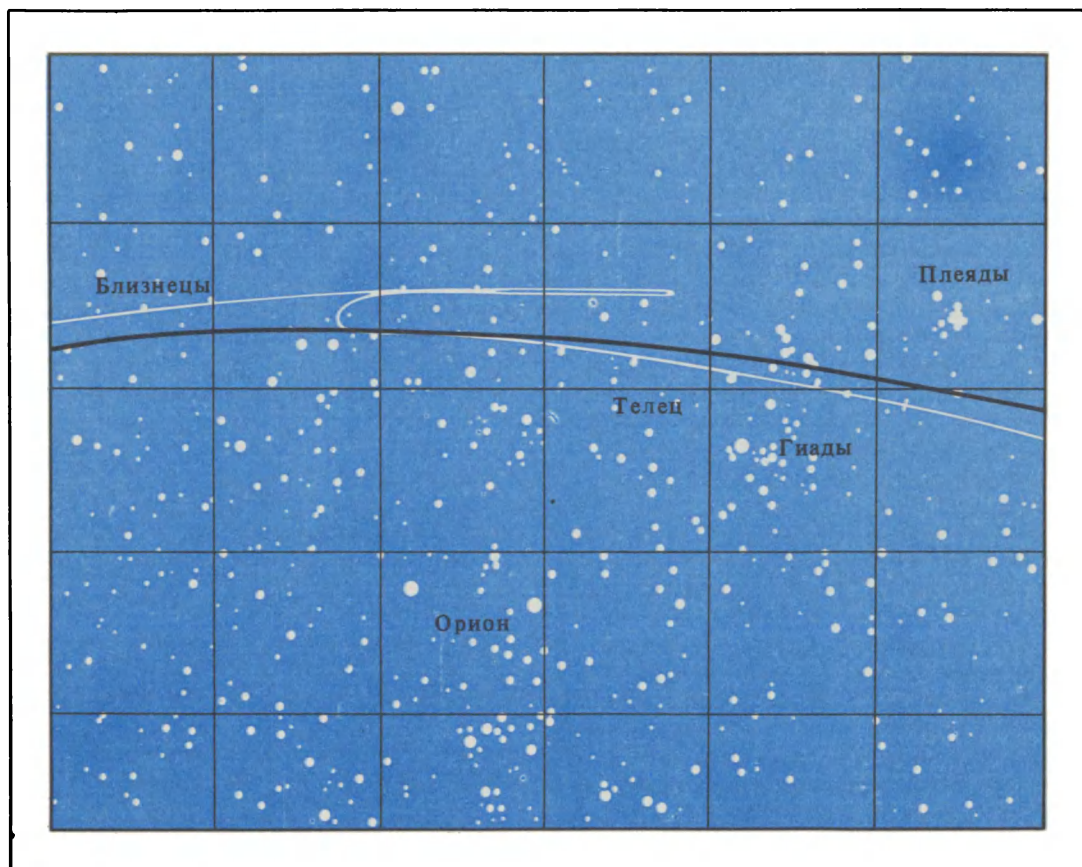
Петлеобразное движение планеты Марс (1975 – 1976).

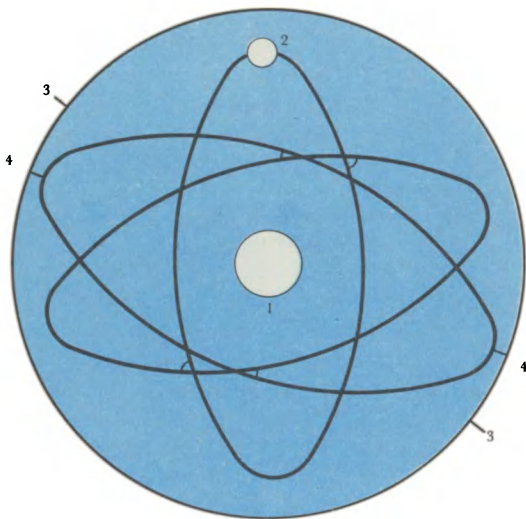
Чтобы правильно понять дальнейшее развитие греческой астрономии, следует непременно учитывать эту ее философскую подоплеку. Догма круговой орбиты господствовала в представлениях астрономов вплоть до XVII в. Лишь Кеплеру удалось разрушить это заблуждение и математически доказать, что планеты движутся по эллиптическим траекториям.

## Сферы Евдокса

Путешествия просвещают. Это знали уже античные астрономы, которые успешно заимствовали богатые и ценные знания халдеев и египтян. Евдокс Книдский (примерно 408 – 355 гг. до н. э.) в юности посетил Афины, где слушал Платона. Позднее он предпринимал длительные путешествия в Египет, Кизик и Пропонтиду, чтобы приобщиться к источникам ценных астрономических познаний.

Евдоксу, например, было известно, что планеты при движении описывают петли





Гомоцентрические сферы Евдокса, которые должны были объяснить движения планет. 1—Земля; 2—планета; 3—небесный полюс; 4—экватор внутренней сферы.

и что это связано с положением планет относительно Солнца. Когда планета вновь оказывается в том же самом положении относительно Солнца, говорят, что она закончила свое синодическое обращение. Чтобы объяснить эти петли в траектории планет, Евдокс представил их результирующее движение как состоящее из двух равномерных круговых движений. Эти движения совершаются в противоположных направлениях в плоскостях, наклоненных друг относительно друга, причем полный оборот соответствует синодическому периоду обращения данной планеты. Этот постулат лежит в основе системы гомоцентрических сфер Евдокса. Поскольку планета с внешнего круга должна переходить на внутренний, Евдокс для рассмотрения такого движения использовал две сферы с соответственно отмеченными на них большими кругами. Ось вращения внутренней сферы должна проходить через внешнюю. Планета «привязывается» к экватору внутренней сферы. Движение по обоим кругам происходит с синодическим периодом и описывается траекторией, которая по внешнему виду напоминает лежащую восьмерку или петлю. Двойная петля образуется третьим большим кругом, который вращается с сидерическим периодом в плоскости эклиптики. В результате сиде-

рический и синодический периоды<sup>1</sup> перекрываются. Существующее помимо этого суточное вращение планет учитывается четвертой сферой. Евдокс разработал подобные схемы для всех планет. Чтобы описать движения Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна, а также Солнца и Луны, ему потребовалось всего 26 сфер. Суточное вращение было одинаковым для каждой планеты. Уже одно это свидетельствует о том, что подход Евдокса был чисто кинематическим и никоим образом не связывался с реальным движением планет.

В рассмотренной модели гомоцентрических сфер совершенно не учитывалась неравномерность движения (т.е. изменение его скорости) небесных тел по орбитам, хотя, вполне вероятно, что применительно к Солнцу этот факт был известен уже в V в. до н. э. Позднее Калипп разработал далее модель Евдокса, дополнив ее до 33 сфер.

## Космологическая система Аристотеля

Эпоху «систематизирующей», согласно определению Платона, астрономии представлял Аристотель (384 — 322 гг. до н. э.) — «самый универсальный ум», по словам Энгельса, среди древнегреческих философов.

Аристотель из Стагира, ученый-энциклопедист, который внес большой вклад не только в философию, этику и политику, но и в естествознание, историю и психологию, подверг критике ряд идеалистических представлений Платона, учеником которого он являлся. Работы Аристотеля дали новый мощный толчок дальнейшему развитию античной науки.

В отличие от Платона Аристотель считал, что реальная действительность познаваема и для этого не нужно обращаться

<sup>1</sup> Сидерический период обращения — промежуток времени, в течение которого какое-либо небесное тело (спутник) совершает вокруг другого (главного) тела полный оборот относительно звезд.

Синодический период обращения — промежуток времени, в течение которого планета в своем орбитальном движении вокруг Солнца возвращается в прежнее (относительно него) положение (при наблюдении с Земли). — Прим. перев.

к воображаемому потустороннему миру. Это означало существенный сдвиг философии в сторону материализма, ибо Аристотель проповедовал эмпирический подход к познанию природы. Конечно, Аристотель не был материалистом в такой степени, как Демокрит или Гераклит из Эфеса (примерно 540–480 гг. до н. э.), поскольку в конечном итоге в основе его материалистических посылок лежит идеалистическая концепция. Между тем положительный результат критики Аристотелем философии Платона общепризнан. В. И. Ленин в этой связи говорил, что «когда один идеалист критикует основы идеализма другого идеалиста, от этого всегда выигрывает материализм»<sup>1</sup>.

Аристотель полагал, что для толкования астрономических явлений необходимо совместное использование физики и математики, причем движение всех небесных тел следует изображать в единой общей системе. Сферы Евдокса получают у Аристотеля новый статус: они становятся как бы вложенными друг в друга эфирными сферами. Сферы приводятся в движение неким первичным «двигателем», который находится снаружи этой системы и сам покоится. Каждая сфера, кроме того, осуществляет собственное движение, чем и объясняются особенности движения планет. Представление движений планет в единой системе неизбежно привело к значительным трудностям, потому что требовало введения дополнительных сфер. Эти «катящиеся вспять сферы» в результате обратного хода должны были обеспечить компенсацию «отклонений» в движениях отдельных планет. Поэтому вся система увеличивалась до 55 сфер, и это была первая попытка связать физический и математический подходы к астрономии.

Вскоре стало очевидным, что подобный синтез не осуществим, так как астрономия должна была предсказывать положения планет, но для этого система гомоцентрических сфер оказалась явно не пригодной. Все это неизбежно привело к тому, что в дальнейшем физика и астрономия почти 2000 лет развивались совершенно независимо друг от друга! Важнейшая задача астрономов состояла в том, чтобы предсказывать небесные движения с помощью

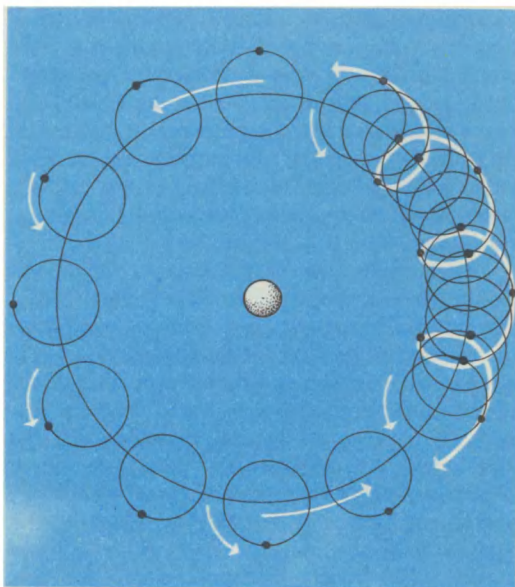
подходящих методов. А как в действительности происходят эти движения с физической точки зрения и имеют ли предлагаемые математические конструкции реальное содержание или являются только удобными моделями для описания этого движения — этот вопрос считался не имеющим к астрономии никакого отношения.

## Предшественники Птолемея

В III в. до н. э. греческие ученые добились немалых успехов — которые, конечно, были бы невозможны без опыта предшествующих поколений — в математическом толковании проблемы небесных движений.

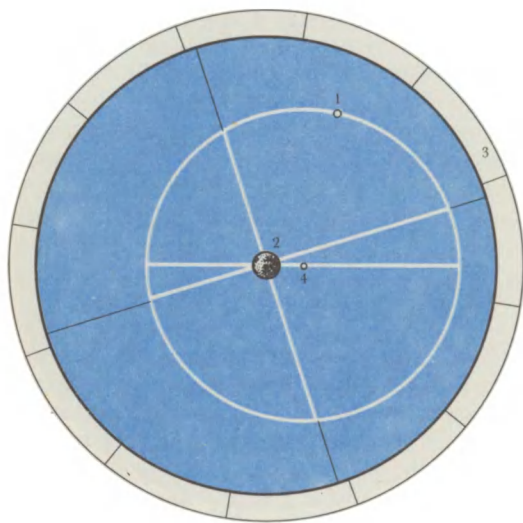
Согласно теории ученика Евклида Аполлония Пергского (262 – 190 гг. до н. э.), движение планет по небесному своду напоминает перемещение какой-либо точки на ободе колеса телеги: при равномерном движении колеса вперед такая точка лишь часть времени движется в том же направлении, а в основном она либо перемещается в обратную сторону, либо находится в состоянии покоя. Согласно Аполлонию, планеты движутся с постоянной

Движение планеты по эпициклам. Планета перемещается по малому кругу (эпициклу), центр которого движется по большому кругу (деференту). Центр деферента совпадает с центром мира (он же центр Земли). В результате создается наблюдаемое петлеобразное движение планет.



<sup>1</sup> Ленин В. И. Полн. собр. соч., 5-е изд., т. 29., с. 255





Теория движения Солнца (1) по Гиппарху. Земля (2) находится в центре мира — сферы неподвижных звезд (3), но центр солнечной орбиты (4) смещен относительно центра мира.

угловой скоростью по окружностям, центры которых, однако, не совпадают с центром мира. Более того, центры этих окружностей описывают еще одну окружность, центр которой уже находится в центре мира, последний же совпадает с центром Земли. Малая окружность получила название эпицикла, большая — деферента. Центр эпицикла обращался по деференту с сидерическим периодом планет, тогда как сама планета двигалась по эпициклу с синодическим периодом. Хотя здесь требовалось для каждой отдельной планеты задавать определенные значения диаметра эпицикла, угловой скорости, а также наклонов эпициклов и деферентов, создание подобной системы знаменовало собой определенный прогресс, так как все движения планет были выведены, исходя из единого принципа.

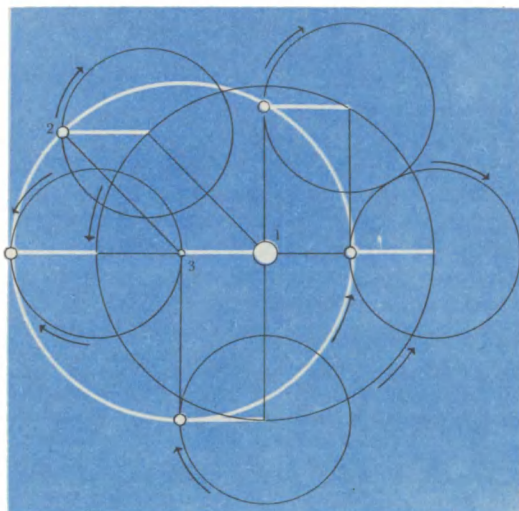
К величайшим астрономам древности относится Гиппарх (190–125 гг. до н. э.) — тот, кого «никогда не удастся достойно восславить». По той выдающейся роли, которую он сыграл в разработке законченной геоцентрической картины мира в античный период, его можно сравнить с Тихо Браге или Иоганном Кеплером, внесшими огромный вклад в развитие уже гелиоцентрической системы спустя два тысячелетия. Наблюдения Гиппарха — а он выполнял их с помощью таких простых инструментов,

как гномон, астролябия и армиллярная сфера, — имели поистине эпохальное значение.

Гиппарх на основе наблюдений лунных затмений рассчитал положения неподвижных звезд и установил, что звезда Спика в созвездии Девы по сравнению с древними записями примерно на  $2^\circ$  изменила свое положение относительно точки, в которой Солнце находится в начале осени. Хотя Гиппарх и не обольщался насчет точности древних наблюдений, он, исходя из них, сделал смелый вывод, что точка пересечения небесного экватора и эклиптики (точка весеннего равноденствия) перемещается по поясу зодиака по крайней мере на  $1^\circ$  в столетие. При этом Гиппарх открыл явление прецессии, обусловленное колебаниями земной оси, и установил, что полный период обращения точки равноденствия по поясу зодиака составляет 25 700 лет (годовое смещение равно 50,4 дуговой секунды).

В 134 г. до н. э. Гиппарх наблюдал «звезду», которая прежде не была видна и сравнительно быстро передвигалась относительно других звезд. Вероятно, речь шла о комете. В связи с этим открытием Гиппарх задался вопросом, насколько часто могут происходить такие явления и, вообще, не изменяют ли все звезды свое положение с течением времени. Он решил составить спи-

Движение Солнца по Гиппарху. Как видно из чертежа, изображение движения Солнца выглядит одинаково как в теории эпициклов, так и в теории эксцентров — результирующая орбита (обозначена белой жирной кривой) одна и та же. 1 — Земля; 2 — Солнце; 3 — центр эксцентра.



сок всех наблюдаемых звезд и использовать его для опознавания других звезд, а также определения их положения и яркости. Этот звездный каталог Гиппарха включал 1022 звезды северного и южного звездного неба и представлял собой первый в истории каталог «неподвижных» звезд. Римлянин Плиний (23–79 гг. н. э.) назвал его «богопротивным трудом». Каталог Гиппарха содержал многочисленные сведения об изменениях, происходящих на небе. Позднее Птолемей включил этот каталог в свой «Альмагест».

Большое значение имели наблюдения Гиппархом орбиты Солнца и прежде всего ее особых точек — осеннего и весеннего равноденствий, а также точек солнцестояний. На основе точных наблюдений Гиппарх установил, что продолжительность различных времен года неодинакова, хотя на эклиптике точки, соответствующие началу их, расположены равномерно (отстоят друг от друга на 90°). Как разрешить подобное противоречие?

Продолжительность времен года

| Времена года | По Гиппарху, сутки | Истинное значение |
|--------------|--------------------|-------------------|
| Весна        | 94,5               | 92 сут 19 ч       |
| Лето         | 92,5               | 93 сут 15 ч       |
| Осень        | 88                 | 89 сут 20 ч       |
| Зима         | 90                 | 89 сут            |

При изображении Солнечной системы Гиппарх исходил из предположения, что Солнце равномерно движется по круговой орбите, и разделил солнечную орбиту на участки соответственно продолжительности времен года. Затем он связал точки начала каждого времени года с соответствующими точками на эклиптике, удаленными друг от друга на 90°. При этом центр солнечной круговой орбиты неизбежно расходился с центром эклиптики, занимая эксцентрическое положение (эксцентриситет равен 1/24 радиуса орбиты). Земля у Гиппарха по-прежнему располагалась в центре мира, но уже не в центре солнечной орбиты.

Гиппарх нашел возможность с помощью эксцентриков<sup>1</sup> представить неравномерные

движения через равномерные. Это открытие также представляло собой величайшую ценность и сыграло важную роль в развитии древнегреческой астрономии.

## Птолемеев «синтаксис математики»

Имя греческого математика, астронома, астролога, метеоролога и географа Клавдия Птолемея сегодня мы воспринимаем как символ древнегреческой астрономии.

Птолемей жил в I — II вв. н. э. Это был конец так называемого эллинского периода греческой культуры (III в. до н. э. — II в. н. э.), предшествующего ее постепенному и окончательному упадку. Могущественная империя, созданная величайшим полководцем и государственным деятелем древности Александром Македонским (356 — 323 гг. до н. э.), охватывала Грецию, Персию и Египет. После смерти Македонского она вскоре распалась, тем не менее ее существование способствовало смешению и взаимному влиянию культур — прежде всего греческой и восточной.

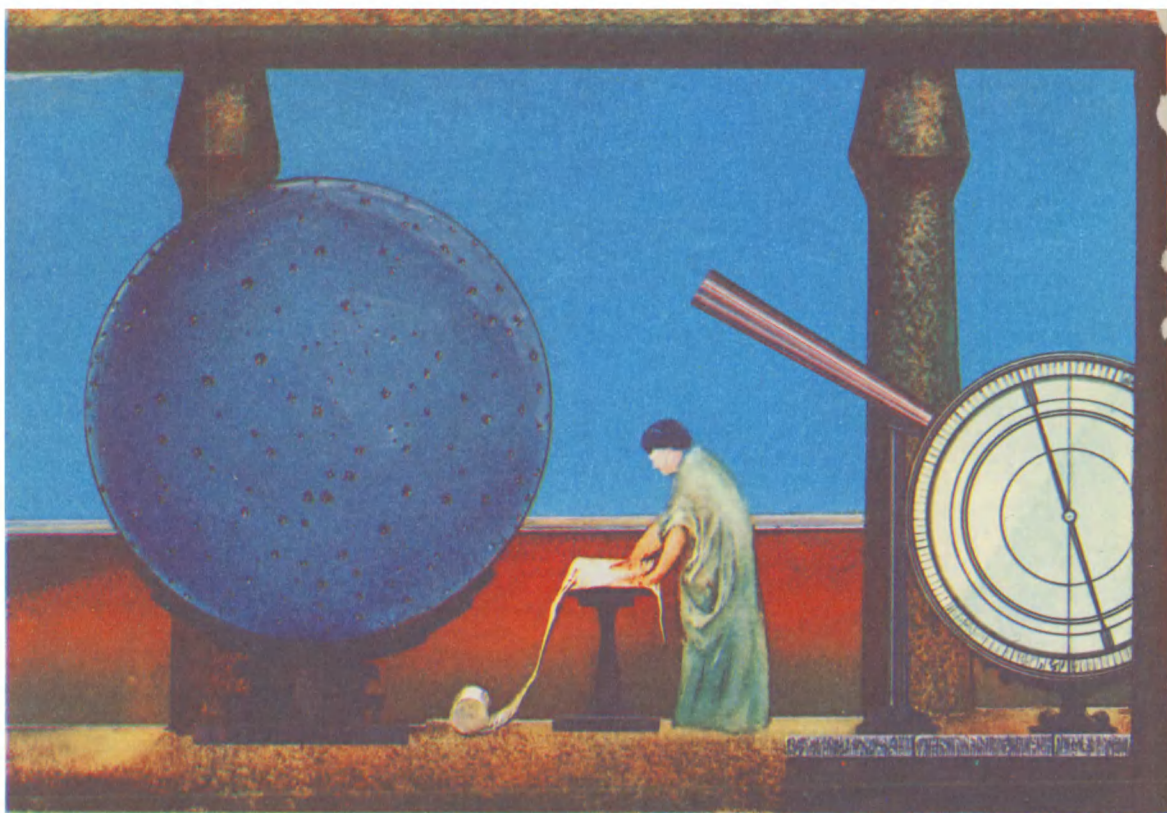
Большую часть жизни (свыше 40 лет) Птолемей провел в Александрии — городе, основанном в 332 г. до н. э. в дельте Нила. Во II в. до н. э. в Александрии проживал почти миллион жителей, и она играла выдающуюся роль в торговле, искусстве и науке.

Город, в частности, имел уникальное в своем роде учреждение<sup>1</sup>, подобного которому в те времена не существовало, — своеобразный исследовательский центр огромных размеров. Иначе трудно назвать этот комплекс, созданный вскоре после основания Александрии. Он располагал площадками для наблюдения звездного неба, ботаническими участками и зоопарком, аудиториями для занятий и богатейшей по тем временам библиотекой, где хранилось не менее 400 000 папирусных свитков, содержащих величайшие творения ума человеческого, включая литературные произведения стран Средиземноморья и Ближнего Востока. Атмосфера Александрии — могущественного и оживленного города — была прекрасной пи-

<sup>1</sup> Эксцентрик — вспомогательная окружность, которую использовали для представления годового обращения Солнца вокруг Земли в геоцентрической системе мира. Там движение Солнца объяснялось как движение по окружности с постоянной угловой скоростью; неравномерное же

перемещение Солнца по эклиптике трактовалось как равномерное движение его по окружности эксцентрика, центр которого не совпадал с Землей. — Прим. перев.

<sup>1</sup> Μουσείον — откуда и возникло название «музей». — Прим. перев.



Астроном с инструментами (картина относится примерно ко II в. н.э.). Справа показана «зрительная труба», изготовленная из папируса.

тательной средой для творчества Клавдия Птолемея.

Биографические сведения о Птолемея очень скудны: известно, что он родился около 90 г., а умер примерно в 160 г. Интенсивно занимаясь астрономией, он много времени отдавал наблюдениям, непрерывно вносил уточнения и изменения в уже имеющиеся данные, особенно большое внимание уделяя сопоставлению результатов своих наблюдений с результатами Гиппарха. Птолемей был автором многочисленных основополагающих работ по географии (его книга донесла до нас картину Земли античных времен), оптике, учения о перспективе, об отражении и преломлении света, а также четырехтомного сочинения по толкованию звезд *Tetrabiblos* — некоего сплава вавилонской планетной астрологии и египетской астрологии неподвижных звезд, на которое астрологи ссылаются и поныне.

Основным трудом Птолемея по астрономии был математический сборник «Великое математическое построение астрономии в XIII книгах». Еще в древности этот трактат стали называть «Мэгистэ» (величайший), откуда произошло арабизированное название «Альмагест», под которым он известен и сегодня. Это самое значительное произведение Птолемея и одновременно венец античной астрономии. Птолемей вложил в него все существенные достижения своих предшественников, дополнив их собственными фундаментальными познаниями. Этот своеобразный «памятник античных знаний» заслуживает большого уважения. Птолемей сумел с помощью математики настолько усовершенствовать геоцентрическую систему мира, что это сделало возможным предсказывать (в пределах достижимой тогда точности наблюдений) положения планет на много лет вперед.

Если основы теории движения Солнца и Луны уже были заложены введением эксцентров и эпициклов, то заслугой Птолемея следует считать создание теории дви-

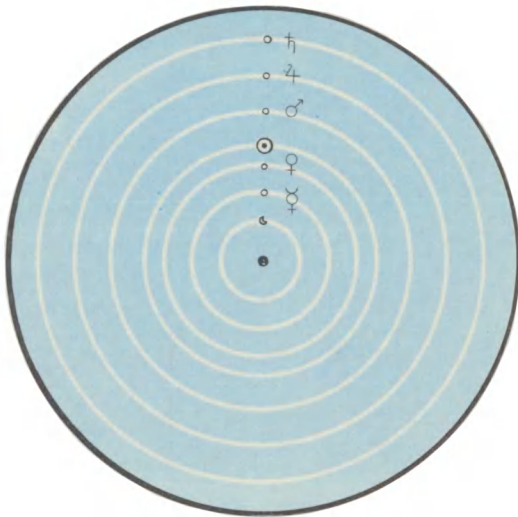


жения планет. В начале IX тома Птолемей писал: «Если мы поставим перед собой задачу доказать для пяти блуждающих звезд, что все их кажущиеся аномалии можно будет выразить через равномерные движения по окружности, ибо только такие движения соответствуют божественной сути природы, тогда как беспорядочность и неравномерность ей чужды, то удачное решение такой задачи можно рассматривать как подвиг и практически как конечную цель математической науки, покоящейся на философском базисе».

Птолемей вполне понимал не только значение, но и трудность решения такой задачи. Он обнаружил, что основную аномалию планетного движения, а именно неравномерность сидерического обращения, нельзя отобразить посредством эпицикла или соответствующего простого эксцентрика.

Птолемей нашел решение: он удвоил эксцентриситет окружности для учета этой аномалии и вместе с тем отнес угловую скорость не к центру эксцентрика, а к точке, лежащей в стороне от него. Эта точка располагалась на том же расстоянии от центральной точки эксцентрика, что и Земля, но находилась по другую сторону от него. Она получила название *punctum aequans*, или точки равновесия. Откоррек-

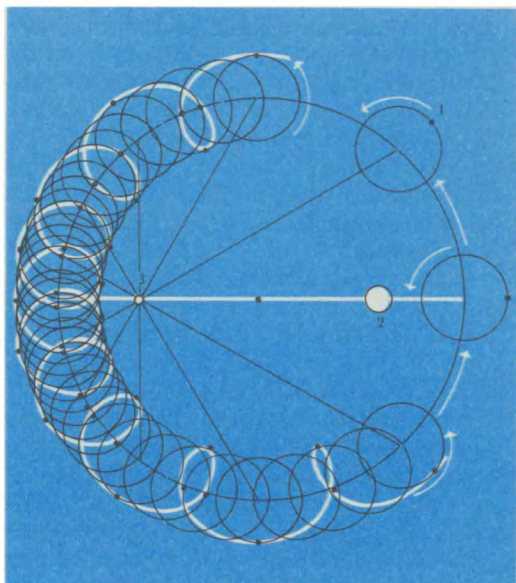
Клавдий Птолемей.

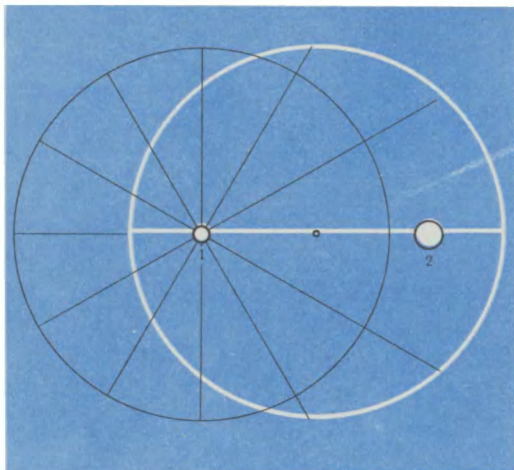


Упрощенное изображение системы мира по Птолемею. Земля является центром мира, ограниченного сферой неподвижных звезд.

тированное таким образом движение вокруг точки 3 в течение сидерического пе-

Объяснение петлеобразного движения планет по Птолемею. Планета (1) движется по круговой орбите (эпициклу), центр которого, однако, не совпадает с центром Земли (2). Он находится в «точке равновесия» (3). Коперник рассматривал введение этой точки как отклонение от принципа равномерности кругового движения. «Точка равновесия» стала для Коперника отправным пунктом для создания новой системы мира.





Картина мира по Птолемею с неизбежностью требовала введения «точки равновесия», поскольку таким образом Птолемей стремился «спасти» особенности движений планет. Благодаря введению точки равновесия деферент, по которому движется центр эпицикла планеты, располагается эксцентрично по отношению к центру мира, иначе говоря, Земля (2) не находится в центре мира.

риода происходит равномерно, так что радиусы-векторы за равные промежутки времени всегда описывают равные углы. Относительно точки 2 движение осуществляется, конечно, неравномерно и представляет собой движение центра эпицикла. Каждая планета проходит эпицикл равномерно в течение синодического периода.

Тем самым Птолемей получил в свое распоряжение мощное орудие — теорию, с помощью которой он мог описать движение любой планеты. Однако помимо названных долготных движений планет им присущи также широтные движения. Для отображения этих движений Птолемей изменял наклоны кругов, по которым двигались планеты.

Чтобы разработанная теория оказалась пригодной для предсказания положений планет, необходимо было составить таблицы соответствующих величин, которые характеризовали бы положения планет среди неподвижных звезд в любой момент времени. И с этой задачей Птолемей для своего времени справился блестяще. Помимо таблиц, которые использовались вплоть до средних веков, он разработал ряд вспомогательных измерительных

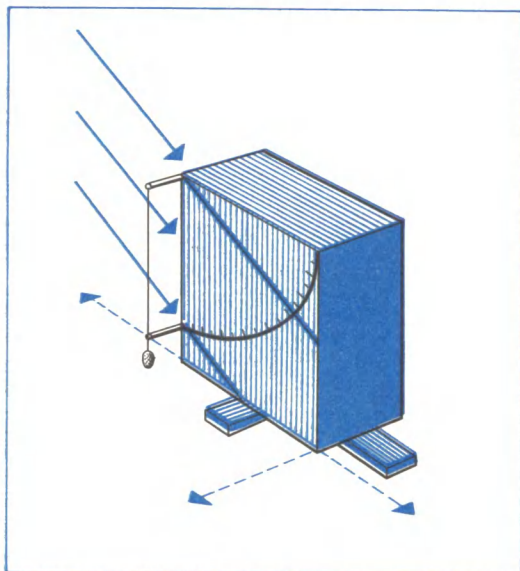
средств; Птолемей уточнил результаты многих наблюдений, прежде всего проведенных Гиппархом, включая данные, касающиеся движения Солнца. Все это Птолемей проделал много позже составления «Альмагеста», завершив тем самым свой жизненный труд. В «Альмагесте» Птолемей в основном опирался на данные Гиппарха, в результате чего «Альмагест» содержал отдельные ошибки, которые позднее пришлось устранить.

## Идеи, опережающие время

Часто задают вопрос: насколько закономерным было именно такое развитие античной астрономии (а, как известно, его творцами были выдающиеся мыслители и наблюдатели), которое привело к геоцентрической картине мира? Не могло ли оно протекать другими путями?

Действительно, предпринимались попытки объяснить небесные явления, не принимая Землю за центр мира. В этой связи заслуживают упоминания не только Пифагор и Экфантон (оба жили примерно в IV в. до н.э.), но и прежде всего принадлежавшие к школе пифагорейцев Филолай из Кротона, Гераклит из Понтикоса и Аристарх Самосский.

Измерительный прибор, которым Птолемей пользовался для определения высоты Солнца.



Филолай (конец V в. до н. э.) полагал, что наблюдаемые аномалии планетных движений только кажущиеся и, возможно, объясняются движением самой Земли. Согласно его представлениям, Земля, Солнце и все планеты движутся вокруг общего центрального «огня», который, однако, нельзя увидеть, потому что он находится «по ту сторону» Земли.

Подобные взгляды проповедовал и Гераклит (примерно 390—310 гг. до н. э.), говоря о «где-то движущейся Земле» и о «где-то вращающемся Солнце», с которыми и связаны наблюдаемые явления.

Идеи Аристарха (примерно 320—250 гг. до н. э.) можно расценивать как кульминацию геоцентрической картины мира времен античности. Он, в частности, впервые в истории предпринял попытку определить относительную удаленность от Земли двух космических тел, исходя из того факта, что Солнце, Луна и Земля в первой и последней четверти Луны образуют прямоугольный треугольник.

С помощью тригонометрии, развитие которой во многом стимулировала именно астрономия, Аристарху удалось выразить отношение расстояния Земля—Луна к расстоянию Земля—Солнце через косинус угла между направлениями Земля—Луна и Земля—Солнце. По расчетам Аристарха этот угол составлял около  $87^\circ$ , подобный результат безусловно явился выдающимся достижением для того времени. Поскольку при измерении угла Аристарх ошибся примерно на  $3^\circ$ , то отношение упомянутых расстояний по данным Аристарха, оказалось равным 1:19, тогда как в действительности оно составляет 1:390. Но для Аристарха и такого результата было вполне достаточно, чтобы прийти к заключению, что Солнце должно быть много больше Луны. Вероятно, именно этот результат укрепил его во мнении, что не Земля, а Солнце находится в центре мира.

К сожалению, мы располагаем лишь косвенной информацией о гелиоцентрической картине мира, созданной Аристархом,—это всего лишь краткое упоминание о ней в «Вычислениях на песке» известного греческого математика Архимеда Сиракузского (287—212 гг. до н. э.).

Аристарх утверждал, что звездное небо, как и Солнце, неподвижно, а Земля движется по окружности вокруг Солнца, расположенного в центре ее. Сфера непо-

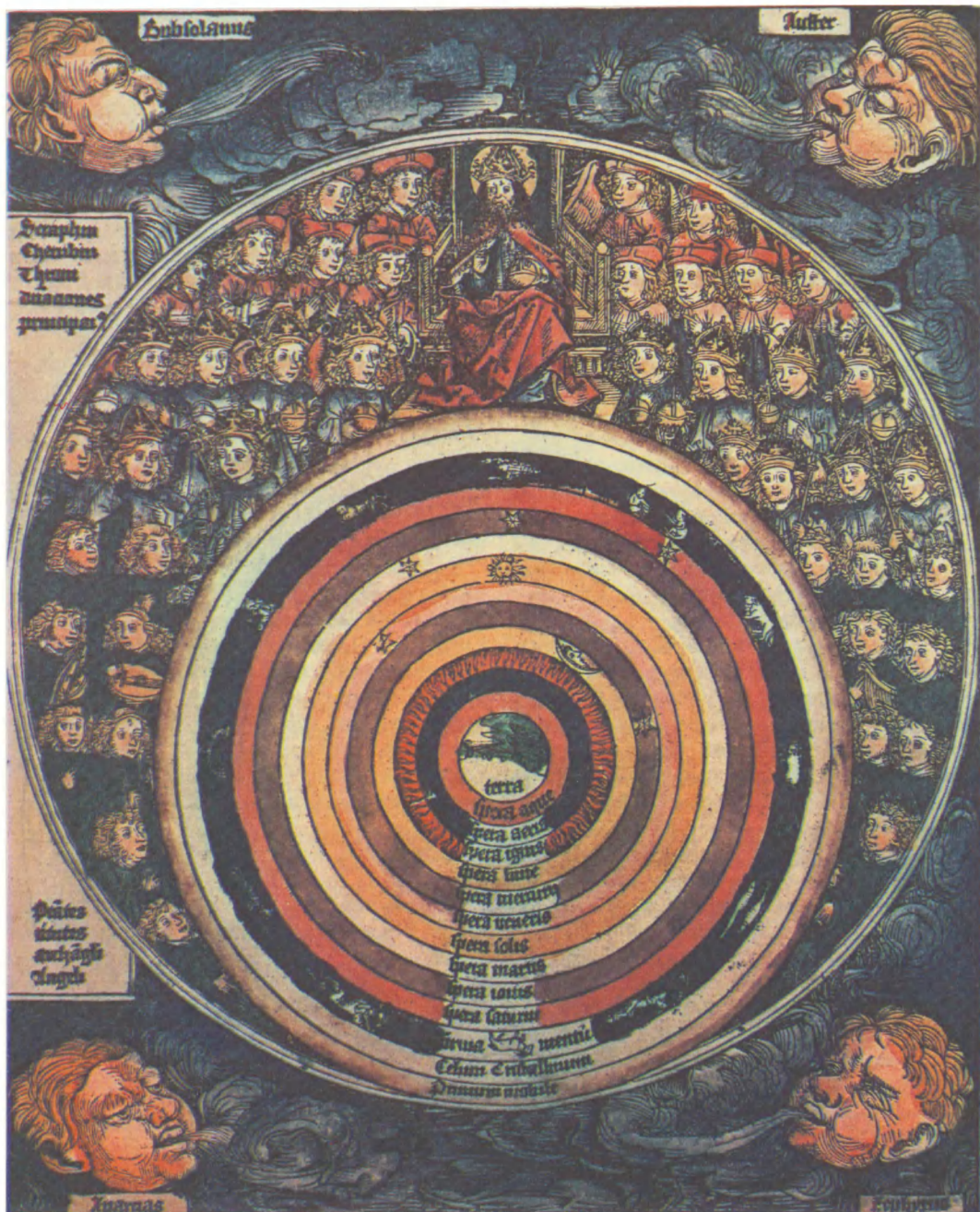
движных звезд настолько удалена от центра земной орбиты, что величина последней пренебрежимо мала по сравнению с размерами этой сферы.

Если проанализировать экономическую, социальную, политическую и идеологическую стороны жизни в античный период, то нетрудно понять, что подобные гелиоцентрические идеи были весьма «несвоевременными», а точнее опережающими свое время, и поэтому не могли иметь успеха. Геоцентрическая же система представлялась всем вполне естественной. Действительно, каждый мог, просто взглянув на небо, убедиться в том, что звезды движутся вокруг Земли. Геоцентрическая система нашла мощную поддержку в физике Аристотеля, которая была чисто умозрительной, а не опиралась на опыт, но пользовалась как в те времена, так и много позже большей популярностью.

Согласно Аристотелю, все тела двигаются к своим «естественным местам»: «тяжелые» — к центру мира, «легкие» — к его окраинам. Поскольку «тяжелые тела», если они предоставлены самим себе, всегда падают в направлении центра Земли, то это может только означать, что центр Земли совпадает с центром мира. И если представить себе мысленно, что Земля переместилась туда, где находится Луна, то тяжелые тела, согласно теории Аристотеля, ни в коем случае не будут падать на земную поверхность, а напротив, с этой поверхности станут падать в направлении центра мира. Таким образом, геоцентрическая система являлась неизбежным следствием аристотелевой теории «естественного места».

Птолемей также нисколько не сомневался в значении «физики» Аристотеля для определения положения Земли. Исходя из того обстоятельства, что все тяжелые тела падают на Землю, Птолемей писал: «Самый удобный способ доказательства падения тел к центру основывается на одном-единственном факте, что... во всех без исключения точках направление падения тел, обладающих весом... всегда... перпендикулярно к касательной плоскости, проходящей через точку падения, а отсюда становится ясно, что эти тела, если бы на земной поверхности они не встретили непреодолимого препятствия, должны были бы достигнуть центра». Против подобных аргументов сторонники гелиоцентризма были в то





Схоластическая картина мира по Аристотелю (Шедельская всемирная хроника, Нюрнберг, 1493 г.).

время бессильны. Не существовало ни одной гелиоцентрической модели, которая по своему совершенству и теоретическому обоснованию хотя бы просто приближалась к системе Птолемея. Ни одна гелио-

центрическая система не была в состоянии успешно состязаться с системой Клавдия Птолемея и в отношении предсказания положений планет.

Кроме социальных и идеологических ограничений, которые в конечном итоге как в античный период, так и в средние века служили главным препятствием для распространения гелиоцентрических воз-

зрений, существовали и определенные «исторически заданные» пределы, тоже тормозившие развитие и всеобщее признание гелиоцентрической картины мира. То, что смелые, блестящие идеи и концепции философов-материалистов периода Демокрита не могли получить должного развития и победить, объясняется ограниченностью знаний того времени, а также противодействием со стороны правящих классов, мировоззрение которых формировалось под влиянием господствовавшей тогда идеалистической философии.

Если гелиоцентрические идеи в античный период достигли кульминации в суждениях Аристарха, то материалистическую философию поднял на небывалую по тем временам высоту Демокрит из Абдера (примерно 460—360 гг. до н. э.). Сравнение этих двух мыслителей — хотя их интересы были различны — вполне уместно, ибо, по существу, они были близки по своему мировоззрению. Как у Аристарха, так и у Демокрита небо и Земля образуют материальное единое целое. Поскольку подобная концепция противоречила общепринятому восприятию мира, не удивительно, что она натолкнулась на ожесточенное сопротивление со стороны поборников религии, таких, например, как Анаксагор из Клазомен (около 500—428 гг. до н. э.), который проповедовал в Афинах, что небесные тела суть лишь расплавленные каменные массы, которые остывают в процессе своего движения. Аристарх должен был защищаться и от обвинения в безбожии, ибо отважился придать движение священному «очагу мира» — Земле.

Согласно общепризнанному учению Аристотеля, небо и Земля были отнюдь не едины, а, напротив, представляли собой нечто принципиально отличное друг от друга.

Подобно тому как центральное положение Земли у Аристотеля не просто постулируется, а выводится из философских и физических принципов, так и различный подход к пониманию неба и Земли является следствием уровня развития физики того времени. Свои соображения Аристотель аргументировал так: поскольку движения тяжелых и легких тел в отличие от движе-

ния небесных тел прямолинейны, то небесные тела не могут обладать ни силой тяжести, ни невесомостью; они также не могут состоять из четырех земных элементов, а именно огня, воды, земли и воздуха.

Небесные тела, полагал Аристотель, должны состоять из некоторого пятого «элемента», который образовался в природе вследствие движения по окружности. Эта «квинтэссенция», названная «эфиром», не может ни исчезать, ни превращаться в земные элементы. Именно в этом и состоит принципиальное отличие неба от Земли, т. е. «подлунного» и «надлунного» миров. В подлунном мире — все изменчиво: предметы здесь недолговечны, они возникают и исчезают. В надлунном мире, напротив, ничто не изменяется, небесные тела там навечно застыли в своем покое.

В основе предложенной Аристотелем концепции, согласно которой небесная и земная области принципиально отделены друг от друга, в конечном счете также лежат социальные причины. Здесь скрыто своего рода философское идеалистическое «оправдание» антагонистического разделения общества на классы, которое существовало в античном рабовладельческом государстве и характеризовалось непреодолимой пропастью между господствующими свободными людьми, с одной стороны, и безмерно занятыми и эксплуатируемыми рабами — с другой.

При дальнейшем развитии общества и науки, особенно в период феодализма в средние века, картина мира, созданная Аристотелем, а также труд Птолемея превратились в догму и оказались серьезным препятствием на пути прогресса. Но в период их зарождения и распространения они ни в коем случае не были тормозом, напротив, знаменовали собой развитие мысли. В историческом плане достижения греческой науки следует рассматривать как во многом столь же удивительную, сколь и необходимую ступень в развитии познания.

Греческая наука была первым поистине великим взлетом человеческого разума в процессе познания мира и первым успехом человека в его извечном практическом и духовном диалоге с природой.



القول على الحق لا يخرج النصارى والفكر من الفقه



الحكمة المولود بهذا الوجه يكون اللون يعلو حين طوبى القامة مدور الوجه  
 دميم الغنى متوسط الخلق عجول لا يخرج لعابهم القليل الثبات هناك عليه من وفوق من مكان عال  
 طبعه بلغمية ولكن ثقيل ويحب أهل العلم ويعلم المعروف ويحب المنكر كما البراج يلقى من الناس  
 بحالما وفيه من اللب والطرب ويتقبل من عالى على يصيب من الشيطان هو لا عظماء وفي جميعه

Античные боги планет – арабское изображение.



---

# В ЦЕНТРЕ ГОСПОДСТВУЕТ СОЛНЦЕ

Пока Земля тихо стояла,  
безмолвствовала и астрономия...  
но как только появился человек,  
приказавший стоять Солнцу, астрономия  
быстро сдвинулась с места.

*Георг Кристоф Лихтенберг*

---

## Конец «большого затишья»

Когда в 1473 г. родился Коперник, в мире начали происходить значительные изменения. Казавшиеся столь незыблемыми устои феодального строя трещали по всем швам. «Свежий ветер» чувствовался повсюду, и порождали его далеко идущие изменения социально-экономической структуры общества.

Ярким показателем этих перемен служило прежде всего зарождение в недрах феодального общества новой социальной прослойки — ремесленников и торговцев, — которая постепенно образовалась в немногочисленных тогда центрах регионального значения — резиденциях королей, герцогов, епископов. Быстрыми темпами росли города. Возникшие там цехи ремесленников способствовали техническому прогрессу и развитию товарооборота. Неуклонно возрастало не только хозяйственное, но и политическое значение городов. Товарное хозяйство оказывало чрезвычайно благоприятное влияние на торговлю, причем на первый план теперь выдвинулась внешняя торговля. Торговые путешествия в свою очередь расширяли географические, ботанические, этнографические и т. д. познания народов, будили интерес и потребность в новых знаниях.

Ситуация в некотором смысле оказалась сходной с той, что сложилась примерно 1000 лет назад в Греции. Город постепенно проникал в сознание людей. Теперь они, как ранее их греческие и римские прародители, начали предпочитать город поместьям, замкам и сельским угодьям. Новый класс — буржуазия, влияние которой значительно возросло в эпоху Возрождения, — в отличие от господствующего феодального дворянства совершенно иначе относился

к естествознанию. В ходе дальнейшего развития общества это обстоятельство выявилось еще отчетливее. Иное отношение буржуазии к естественным наукам объяснялось прежде всего тем, что она была непосредственно связана с ремеслом и торговлей, которые заметно стимулировали развитие естественных наук, в том числе и астрономии.

С распадом античных государств астрономия в течение многих веков пребывала в абсолютном застое. Но вот в средние века — в полном созвучии с развитием науки в эпоху великой греческой культуры — в астрономии снова начала набирать силу астрология, математика погрузилась в числовую мистику, а всеильная философия в своем бесконечном споре между материализмом и идеализмом встала на защиту господствующей повсюду христианской религии. Отцы церкви решительно ополчились против идеи о шарообразности Земли, а различные варианты птолемеевой системы мира почитались как общепризнанная картина мироздания. В средневековую эпоху бог как творец земли и неба, повелитель и вседержитель всегда изображался витающим над плоским земным диском — местом обитания людей. Не нужно «умным головам» что-то искать, не надо более думать о природе и ее исследовании — все в руках божьих и да здравствует полный духовный застой! Естественно, что подобные концепции «мрачного средневековья» вовсе не способствовали постижению сути, и если оглянуться на те времена, то становится совершенно очевидным, что для развития науки и связанного с нею удовлетворения потребности общества целые столетия пропали даром.

То обстоятельство, что первые шаги науки эпохи Возрождения, вообще говоря,



Нюрнберг (XV в.).

оказались тесно связанными с достижениями античности, лишний раз подчеркивает историческую заслугу арабской культуры. Арабская культура никогда не испытывала на себе прямого влияния греческой культуры, но когда в VII—VIII вв. завершился процесс объединения разрозненных прежде арабских племен, там возникли благоприятные предпосылки для развития единой арабской культуры, большая роль в которой была отведена и науке. Особенно поощряли развитие науки и искусства представители династии Аббасидов (около 750 г.) и халиф Аль-Мамун (813—833). Основанный Аль-Мамуном «дом мудрости» главной своей задачей ставил перевод на арабский язык произведений античных ученых и философов. Например, глава этого учреждения Салм занимался переводом «Великого математического построения астрономии» Птолемея.

Среди многочисленных греческих трудов по астрономии, заново переработанных и использованных арабами, была также работа Аристарха об определении расстояний и размеров Солнца и Луны; однако труд Архимеда «Вычисления на песке» отсутствовал, а с ним и те немногие подробности гелиоцентрической системы Аристарха.

Арабские ученые отнюдь не были пас-

сивными хранителями греческих рукописей, напротив, они усердно изучали их и сами по мере сил работали над дальнейшим усовершенствованием изложенных там идей. Хотя арабам и не удалось при этом создать существенно иную картину мира, они активно и творчески искали истину. Поиски стали особенно интенсивными после того, как обнаружилось, что предсказания положений планет по системе Птолемея не согласуются с их наблюдаемыми положениями. Арабские астрономы раннего средневековья внесли ценный вклад в развитие астрономии в Европе на новом этапе, который стал возможным только при тех общественных отношениях, которые сложились там в начале эпохи Возрождения.

## Совет богу

Толчком для нового подъема астрономии послужило обнаруженное расхождение между действительными положениями звезд на небе и вычисленными по теории Птолемея. Со временем эти довольно значительные несоответствия стали вызывать большую неудовлетворенность, поскольку точные положения звезд имели существенно практическое значение для развития морской торговли. В принципе здесь были возможны два пути: либо улучшать ста-

рую теорию, вводя весьма искусственные поправки, либо полностью отказаться от нее, заменив совершенно новой. Вопрос стоял так: реформа или революция?

Среди европейцев, которые пробудили астрономию как науку к новой жизни, особенно заслуживают упоминания два представителя «Венской школы»: Георг Пурбах (1423—1476) и Иоганн Мюллер (Регiomontan, 1436—1476).

Иоганн Мюллер, издавший в 1463 г. первый учебник по тригонометрии, принял попытку улучшить календарь, рассчитал таблицы Солнца, Луны и планет, провел наблюдение кометы 1472 г. и всячески стремился точно определить положения планет.

Как и Георг Пурбах, Иоганн Мюллер при-

Арабский небесный глобус (Марагинская обсерватория, 1697 г.).



зывал оживить почти полностью пришедшие в упадок искусство астрономических наблюдений и говорил о необходимости серьезно изучать шедевры античной астрономии, считая, что после соответствующей корректировки они могут вновь оказаться полезными. И Пурбах в своей «Новой теории планет», и Мюллер осторожно высказывали сомнения в правильности птолемеевой системы. Все более отчетливо становилась необходимость создания нового «альмагеста».

Но определить более точно положения планет на основе старой геоцентрической системы можно было, лишь изменив геометрические построения. В этом отношении примечательна история с так называемыми «Альфонсовыми таблицами». По повелению короля Альфонса X Кастильского в XII в. около 50 ученых занимались переработкой старых таблиц, содержащих значения, вычисленные по Птолемею, ибо они стали явно непригодны. Когда Альфонс X увидел новые результаты, он изрек знаменательные слова, граничившие с богохульством и ересью: «Если бы Бог, создавая мир, спросил у меня совета, я бы рекомендовал ему устроить все попроще».

## «Странная» картина мира, созданная кардиналом

К числу наиболее значительных фигур среди первотворцов новой картины мира принадлежит католический философ и ученый Николай Кузанский (1401—1464). Ставший в 1448 г. кардиналом римской церкви, этот сын немецкого винодела родился в Кузе (деревня на реке Мозеле). Отдавая должное наследию древнегреческой астрономии, Кузанский оказал заметное влияние на развитие философской мысли эпохи Возрождения. Хотя в нем еще глубоко сидели представления средневековья, он оказался в состоянии непредвзято оценить перспективы социального и экономического развития общества.

Особую роль в дальнейшем развитии философии и науки сыграли его тезисы о единстве противоположностей в бесконечности (исключающих друг друга при конечном представлении). В этих тезисах, содержащих зачатки материалистического мировоззрения, уже прослеживается пан-





Abula differentię vni regni ad aliud et nomina regum atq; cuiuslibet erę cognitę : Que quide diuersitas graę erat necessaria: ut diuersis gentibus posset buiusmodi tabule deferre: tam romanis q; grecis: tam arabibus q; latinis: et ceteris alioquin.

Differentię omnium granū hic posita: ad inuicē in 4<sup>to</sup> 3<sup>to</sup> 2<sup>to</sup> et 1<sup>to</sup> eę pollentib; quib; ppositis anni: quarū prior et maior in tempore semp prius inscribitur et minor et posterior: secundo habet scribi.

|      |                                     |   |    |    |                |
|------|-------------------------------------|---|----|----|----------------|
| Alfa | Alfonsi et regis alfonsi            | 4 | 3  | 2  | 1 <sup>a</sup> |
| Alfa | Tabuchodonosor et regis alfonsi     | 7 | 21 | 40 | 38             |
| Alfa | Philippi et alfonsi                 | 3 | 23 | 44 | 25             |
| Alfa | Alexandri magni et alfonsi          | 2 | 39 | 45 | 5              |
| Alfa | Cesaris et alfonsi                  | 2 | 10 | 49 | 19             |
| Alfa | Incarnationis et alfonsi            | 1 | 6  | 57 | 19             |
| Alfa | Diodetiani et alfonsi               | 1 | 38 | 11 | 13             |
| Alfa | Arabum et alfonsi                   | 1 | 3  | 54 | 24             |
| Alfa | Secundagert. I. periarum et alfonsi | 1 | 2  | 54 | 0              |
| Alfa | Alfonsi et nabuchodonosor           | 3 | 18 | 56 | 13             |
| Alfa | Alfonsi et philippi                 | 4 | 41 | 55 | 33             |
| Alfa | Alfonsi et alexandri magni          | 4 | 43 | 7  | 54             |
| Alfa | Alfonsi et cesaris                  | 5 | 10 | 51 | 19             |
| Alfa | Alfonsi et incarnationis            | 5 | 14 | 43 | 39             |
| Alfa | Alfonsi et diodetiani               | 5 | 43 | 29 | 25             |
| Alfa | Alfonsi et arabum                   | 6 | 17 | 46 | 14             |
| Alfa | Alfonsi et periarum                 | 6 | 18 | 46 | 38             |
| Alfa | Tabuchodonosor et philippi          | 0 | 43 | 59 | 20             |
| Alfa | Tabuchodonosor et alexandri         | 0 | 44 | 11 | 41             |
| Alfa | Tabuchodonosor et cesaris           | 1 | 11 | 55 | 6              |
| Alfa | Tabuchodonosor et incarnationis     | 1 | 15 | 46 | 26             |
| Alfa | Tabuchodonosor et diodetiani        | 1 | 44 | 33 | 12             |
| Alfa | Tabuchodonosor et arabum            | 2 | 18 | 50 | 1              |
| Alfa | Tabuchodonosor et periarum          | 2 | 19 | 50 | 25             |
| Alfa | Philippi et alexandri magni         | 0 | 1  | 12 | 21             |

Фрагмент «Альфонсовых таблиц».

теистическая направленность философии Кузанского. Бог у него, правда, еще не отождествляется с природой, как в настоящем пантеизме, он лишь трактуется как нечто абсолютное и бесконечное, которое противоречит всему конечному и постоянно изменяется. «Конечное» бытие человека в мире становится «бесконечным» в боге. Различия и противоречия, наблюдаемые в сфере конечного, по мнению Николая Кузанского, присущи и бесконечности. Другими словами, бог как нечто бесконечное являет собой единство всего конечного и поэтому принимает образ Вселенной.

На первый взгляд может показаться, что воззрения Кузанского представляют собой довольно абстрактную диалектическую систему, которая едва ли имеет отношение к теме нашего повествования. На самом же деле в ней заложен фундамент, на котором построены весьма своеобразные по тем временам космологические представления Кузанского. Он бесстрашно выступил против схоластической космологии, основанной на геоцентрической картине мира Птолемея. В известном смысле Кузанского можно оценить как предшественника Коперника.

Николай Кузанский, опираясь в своих философских построениях на соответствующие идеи греческих атомистов и пифаго-

рейцев, считал космос бесконечным. Свое суждение он пытался обосновать математически и пришел к неслыханному для той эпохи заключению, что нельзя всерьез говорить о центральном положении Земли. Вопреки непререкаемой религиозной догме он отважился заявить, что Земля имеет форму шара, вращается вокруг собственной оси и, наконец, является просто одной из многочисленных планет и подобно им движется по круговой орбите. Каждая точка Вселенной равно удалена от бога и поэтому ее в той же мере логично рассматривать как центр Вселенной.

Из сказанного очевидно, что Кузанский не разделял мнения Аристотеля относительно принципиального различия между небом и Землей. Его представления находились в глубоком противоречии со средневековыми схоластическими воззрениями, согласно которым — по аналогии с иерархическим делением феодального общества — между миром и богом, а также между человеком и богом имелись многочисленные промежуточные ступени, тогда как, по Кузанскому, все конечное одинаково соотносится с бесконечным.

Естественно, подобный смелый взгляд, который приводил к совершенно своеобразной космологии, вызвал ожесточенное сопротивление клерикально-феодальной реакции. Высокое положение Николая Кузанского в иерархии католической церкви, его приверженность к идеалистической числовой символике и другим атрибутам религиозной мистики помешали реакционным религиозным догматикам полностью оценить бунтарский характер его космологии и по крайней мере защитили Кузанского от репрессий, которым несколько позже подверглись иные противники картины мира, созданной Аристотелем и Птолемеем.

Помимо чисто философских суждений Николая Кузанского неоценимую роль в дальнейшем развитии космологических представлений сыграло то, что он одним из первых в свою эпоху стал настойчиво призывать к применению эксперимента для более глубокого изучения природы и проверки математических построений.

## Титан мысли

Одной из выдающихся личностей эпохи Возрождения, решительно выступивших

против религиозной схоластики, был великий итальянец Леонардо да Винчи (1452—1519)—философ, естествоиспытатель, инженер и художник. В отличие от Кузанского (от которого его отделяло почти столетие и чьи суждения—прежде всего в том, что касается изучения и практического применения математики, а также необходимости систематического проведения естественных экспериментов,—он во многом разделял) Леонардо да Винчи в философско-мировоззренческом плане занимал ясную материалистическую позицию. Это позволило ему гораздо основательнее и глубже вникнуть в суть теологии и схоластики, астрологии и алхимии, чем его непосредственным предшественникам и современникам. А такой углубленный подход в свою очередь привел его к категорическому неприятию средневековой картины мира, представляющей собой некую трансформацию системы Аристотеля—Птолемея.

В своих «Дневниках и зарисовках» Леонардо да Винчи решительно и с язвительной иронией выступал против духовной диктатуры католической церкви, которая, «торгуя обманом», присвоила себе право считаться единственным носителем истины и огнем и мечом беспощадно уничтожала любые ростки новых воззрений на природу и Землю, возникшие на почве научного естествознания. Великий мыслитель категорически отрицал средневековое представление о Земле как о центре мира. Опираясь на принципиальные философско-мировоззренческие положения и аргументируя свою точку зрения с помощью естествознания и математики, он утверждал, что Земля не находится «ни в центре солнечной орбиты, ни в центре Вселенной», а «окружена собственными элементами, которые ее сопровождают и с ней связаны». Далее Леонардо да Винчи пояснял: «И если бы кто-либо был на Луне, ему эта наша Земля... казалась бы столь же далекой Луной, как Луна и Солнце кажутся нам, и действовала бы на него так же, как Луна действует на нас». По мнению Леонардо да Винчи, Земля—это светило, подобное Луне.

Фридрих Энгельс определил период, начавшийся со второй половины XV в., как эпоху, «которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру, по многосторонности

и учености»<sup>1</sup>. Леонардо да Винчи, без сомнения, был одним из таких титанов, которые, помимо всего прочего, придали мощный импульс исследованию неба и формированию новой картины мира.

## Годы учения Коперника

В старом польском ганзейском городе Торуне многое напоминает об истории. Оборонительные стены и башни, старинные улочки и торговые дома—свидетели тех далеких веков, когда этот город, один из союза прусских городов, был оживленным узловым пунктом торговли. Отсюда древесина, зерно, материя и другие товары отправлялись в Гданьск, а оттуда—в разные стороны света.

Торунь рисует нам типичную картину средневекового города. В конце XV в. в нем проживало около 20 тыс. жителей—большая часть, правда, за пределами городских стен. Если бы мы могли посмотреть на тогдашние улицы или заглянуть в окна домов, то обнаружили бы, что городские переулки слишком сыры, узки и мрачны, да и комнатенки ничуть не лучше: на полу разбросаны товары и бочки; в городе редко встречались верховые—все чаще пешие. Так жили бедняки.

В центре нынешнего «старого города» Торуня обитали зажиточные горожане и богатые торговцы.

В этом городе и провел свое детство и юность величайший астроном истории—Николай Коперник (1473—1543). Базилика святого Яна, в которой польские короли, проезжая через Торунь, устраивали праздничные богослужения, хранит старую картину: молитвенно сложив руки, на нас смотрит «спокойный, скромный и приятный человек, не имевший ни большой власти, ни больших чинов». Так летописец рисует портрет Коперника. Именно об этом благочестивом человеке, ставшим позднее каноником в Фромбровке и верным служителем веры, Фридрих Энгельс сказал, что он своим бессмертным произведением «бросил вызов церковному авторитету в вопросах природы».

С каждой новой безрезультатной попыткой навести «порядок» в наблюдаемых от-

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Полн. собр. соч., 2-е изд., т. 20, с. 346.



Вращающаяся звездная карта Петера Апиана из «Астрономикум цезариум».





Сегодняшний Тóрунь – родина Коперника.

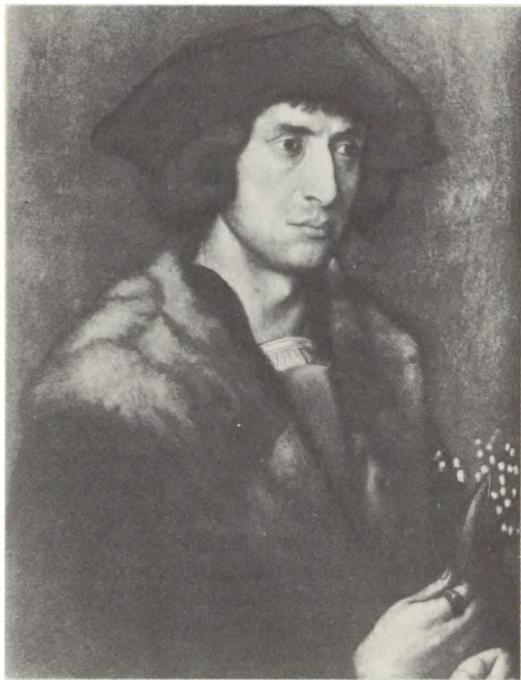
клонениях положений планет сомнения в геоцентрической системе все усиливались. В различных центрах научной жизни эпохи Возрождения возникали сомнения и новые идеи вроде тех, что высказывали король Альфонс X и известные астрономы Пурбах и Мюллер. В Падуе врач и астроном Дж. Фракасторо (1478—1553), названный Иеронимом, примерно в 1501 г. совместно с Дж. Де ла Торре пытались создать новое геоцентрическое представление космоса, минуя эпициклы; для этого они использовали 79 шарообразных оболочек. В 1537 г. Дж. Б. Алигли опубликовал труд по астрономии, в котором он также вместо эпициклов оперировал сферическими оболочками. Ц. Кальганьини высказал предположение о том, что Земля вращается вокруг собственной оси, описывая за год полный конус. В Германии Й. Ангелус (1624—1677) заявил, что в распространенном повсюду учении о движении небесных тел неверно описывается движение планет. В Италии А. Агеллини и философ новоплатоновской школы гуманист М. Фичино (1433—1499) вели страстную дискуссию:

Агеллини выдвинул гелиоцентрическую картину мира в противовес геоцентрической.

Человек, которому в этом широком потоке в общем-то безрезультатного смятения удалось, наконец, создать стройную законченную гелиоцентрическую картину мира, основываясь на достижениях античной астрономии, родился 19 февраля 1473 г. в Торуне в семье богатого купца. Николай Коперник был младшим из четверых детей.

В развитии юного Коперника большую роль сыграл брат его матери — Лукаш Ваченроде. Отец Коперника умер, когда мальчику было всего 10 лет, и Ваченроде взял на себя его воспитание. Ваченроде сам был личностью, достойной внимания. Когда юный Коперник прибыл к дяде, тот занимал пост каноника в Фромборке, а позднее был выбран епископом Вармии. В польском королевстве это звание имело определенный политический вес.

Ваченроде был весьма образованным человеком; он прослушал курсы по гуманитарным наукам в университетах Кракова, Болоньи, Кёльна, а одно время даже сам читал лекции в Болонье. Ваченроде был типичным представителем раннего буржуазного гуманизма в Польше и в частых



Николай Коперник.

политических схватках он всегда выступал как сторонник Польского королевства. И хотя, согласно Торуньскому договору 1466 г. признавалась необходимость объединения многих городов Западной Пруссии (находящихся под властью Тевтонского ордена) с Польским королевством, Ваченроде не раз выражал неудовлетворенность сложившейся ситуацией. Именно поэтому даже после подписания Торуньского соглашения он продолжал призывать к «бдительности», что, как показали события ближайших лет, было далеко не лишним.

Ваченроде, с одной стороны, намеревался дать своему племяннику хорошее образование, а с другой — стремился сделать юного Коперника членом соборного капитула, чтобы уберечь его от влияния сил, симпатизирующих немецким рыцарям. С этой целью Ваченроде послал своего воспитанника в Краковский университет заниматься изучением канонического права.

Краков тогда по праву считался крупнейшим центром гуманистических идей в Европе. Краковский университет имел тесные связи с Венским университетом и итальянскими высшими школами, и среди его студентов были молодые люди из

многих стран. Здесь изучались как новейшие научные идеи, так и духовное наследие античности — насколько это позволяло уже появившееся тогда в Европе еще очень молодое искусство книгопечатания.

В то время в Кракове находилась также астрономическая школа, которой руководили два выдающихся польских ученых эпохи Возрождения: Войцех из Брудцева и Ян из Глогова. Философ и астроном Войцех относился к наиболее видным представителям точных наук в Польше XV в. Он, в частности, написал в 1482 г. комментарий к планетной теории Георга Пурбаха. Лекции Войцеха притягивали к себе многочисленных слушателей со всей Европы. Хотя к моменту приезда в Краков Коперника Войцех уже не читал лекций по астрономии, есть основание полагать, что именно Войцех познакомил Коперника с основами астрономии, а возможно, и проблемами создания картины мира. Известно, что Коперник-студент имел некоторые весьма дорогие книги, и среди них «Таблицы Альфонса». Поэтому вполне вероятно, что уже тогда он вполне ориентировался в проблемах, касающихся астрономической картины мира.

В существовании заметных расхождений между теорией Птолемея и наблюдаемыми величинами Коперник мог убедиться на собственном опыте, когда продолжил занятия в Болонье. Там он установил тесный контакт с известным астрономом Доменико Новаро (1454–1504), который считался одним из самых серьезных критиков системы Птолемея. Совместно с Новаро Коперник выполнял также астрономические наблюдения, например наблюдения покрытия Луной звезды Альдебаран.

Хотя дальнейшее обучение Коперника в Падуе касалось уже юриспруденции и медицины, он и там много занимался философскими и естественнонаучными проблемами. Тем не менее, когда Коперник вернулся в Краков, астрономия еще не была основным предметом его занятий.

### «Малый комментарий» большого проекта

В те годы Коперник подготовил работу, которая, будучи более чем скромной по объему, несла в себе поистине революционное содержание. Уже в этом коротком

наброске, законченном около 1507 г. и распространенном в рукописном виде, высказывались суждения, которые составили суть более позднего, основного, его творения. К сожалению, нам почти ничего не известно о предыстории «Малого комментария» — так называлась эта первая работа. Однако можно предполагать, что юный каноник уже давно задумывался над вопросами, связанными со строением мира. Под влиянием различных сочинений и идей того времени у него сформировалось убеждение, что необходимо целенаправленно развивать и пропагандировать новые оригинальные взгляды на структуру Вселенной.

Основная мысль «Комментария» состояла в утверждении центрального положения Солнца в «системе мира». Коперник обосновывал это радикальное изменение в воззрениях на строение мира все более отчетливо выступающими недостатками и противоречиями птолемеевой системы, которая не была «ни достаточно совершен-

ной, ни достаточно разумной». «Когда я это понял,— писал Коперник,— я стал часто задумываться над тем, нельзя ли найти более разумный способ расположения кругов, от которых зависят все очевидные неравномерности, выражаемые через равномерные движения, как того требует принцип совершенства. Я взялся за задачу, которая выглядела весьма трудной и едва ли разрешимой, но оказалось, в конце концов, что ее можно решить совершенно иными путями, чем можно было предполагать заранее. Нужно было только ... взять за основу несколько принципов». Далее Коперник излагал положения, в корне отличные от прежних представлений:

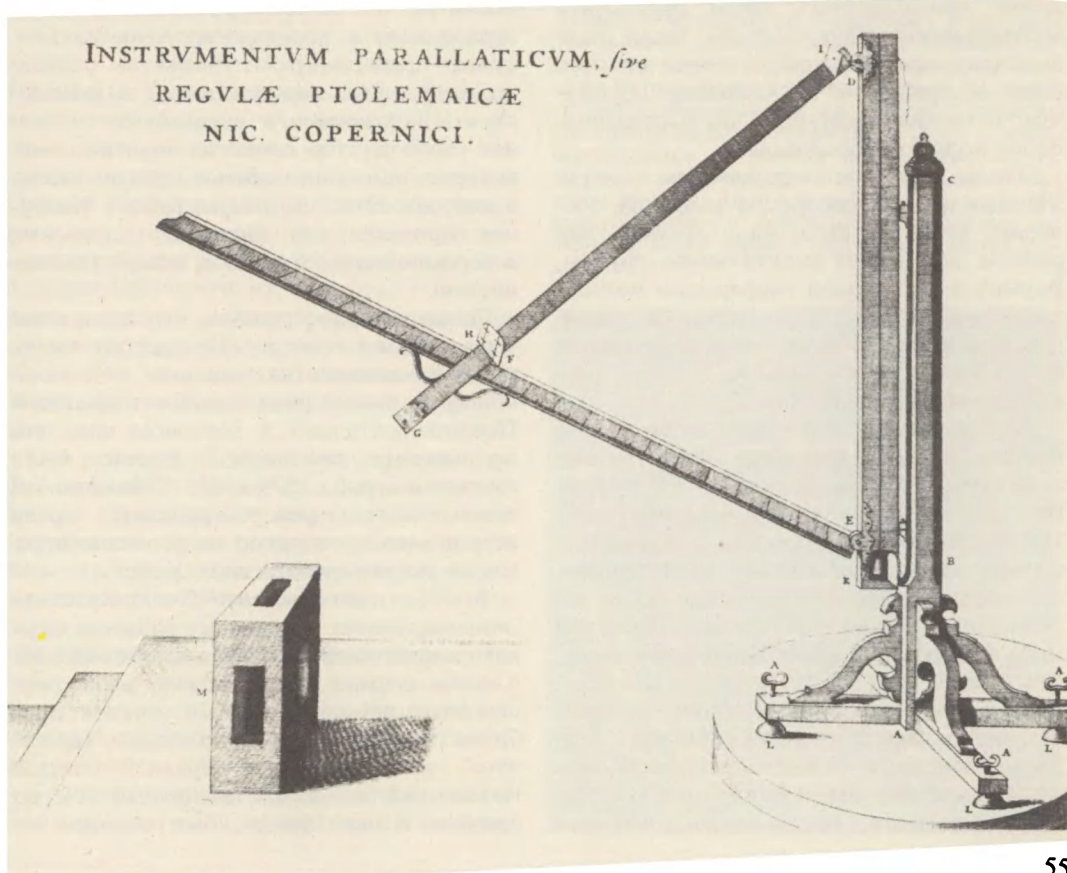
круги, по которым движутся небесные тела, не являются концентрическими;

центр Земли не есть центр мира, а только центр лунной орбиты;

орбиты всех небесных тел проходят вокруг Солнца;

сфера неподвижных звезд находится так далеко, что размеры планетной системы по сравнению с ней пренебрежимо малы; не Солнце движется вокруг Земли, а, на-

Тригветрум — прибор, которым Николай Коперник пользовался для наблюдений.





против, Земля вращается вокруг своей оси и вокруг Солнца;

не сфера неподвижных звезд обращается за 24 часа вокруг Земли, а Земля за это время совершает оборот вокруг своей оси;

планеты движутся не вокруг Земли, а вокруг Солнца. Наблюдаемые движения планет есть результат их истинного движения вокруг Солнца, равно как и движения Земли вокруг Солнца.

Коперник, конечно, понимал, что это лишь первый «набросок», и его отнюдь не достаточно, чтобы свалить систему, господствующую около 1000 лет и поддерживаемую властями. Чтобы гелиоцентрическая система убедительно опровергла геоцентрическую, она должна быть обоснована математически, прежде всего путем точного предварительного вычисления положений планет.

И Коперник приступил к трудной и кропотливой работе. С помощью самодельного инструмента он следил за движением планет на небесной сфере, пытаясь проверить более ранние данные и, где необходимо, исправить их. Результаты всех наблюдений предполагалось затем обработать математически. Они должны были лечь в основу произведения, которое должно было содержать те же основные положения, что и «Комментарий», но-выраженные более полно и обоснованно.

Однако, будучи чрезвычайно загруженным делами соборного капитула, Коперник имел слишком мало времени для работы над своим капитальным трудом. Вармия в тот период непрерывно подвергалась угрозе со стороны немецких рыцарей, тем более что после смерти Ваченроде (1512 г.) эти воинственные соседи рассчитывали на легкую победу.

Долгое время чиновники безжалостно грабили поместья соборного капитула, поэтому одной из важнейших забот Коперника было насколько возможно помешать ухудшению финансового положения страны, которое вследствие политических событий того времени служило также источником постоянных тревог. Польский сейм и польские короли добивались введения единой валюты для городов Польского королевства и тех областей, которые еще оставались под властью Ордена. Тогда на денежном рынке курсировали монеты с различным содержанием золота, различались они также и по весу, что при-

водило к непрерывному колебанию цен на рынке. Коперник вынужден был интенсивно заниматься выяснением проблемы обесценивания денег. В 1517 г. он представил первую рекомендацию относительно денежной реформы, в 1519 г. по просьбе Сейма он расширил и углубил ее. В 1522 г. Коперник в качестве представителя епископа Вармии присутствовал на заседании Выборного собрания, где подробно доложил о проблеме денежных отношений. Он предложил ввести единую валюту для всего Польского королевства, что способствовало бы действенному контролю и стабилизации цен, убедительно обосновав важность подобных мероприятий для объединения Польши и облегчения торговли.

В 1520 г. Коперник оказывается комендантом Ольштына, где занимается проблемами защиты города от нападений воинственного Тевтонского ордена.

## Птолемей призван к ответу

Остается только удивляться, как Коперник, несмотря на свою огромную занятость церковными и государственными делами, сумел предпринять глубокий и основательный анализ картины мира, вылившийся в конце концов в величайшее сочинение — одно из тех немногих произведений, которые поистине делают целую эпоху в истории. Эту гигантскую работу Коперник проделал без излишней гласности, с огромной самоотдачей и целеустремленностью.

Сегодня трудно сказать, что послужило здесь первым толчком. Неизвестно точно, когда в основном был закончен этот великий труд, своего рода новый «Альмагест». Предположительно, в черновом виде это произведение, состоящее из 6 томов, было создано в период 1529–1532 гг. Известие об этом быстро распространилось среди астрономов, хотя автор не особенно стремился рекламировать свою работу.

В 1533 г. папа Клемент VII в присутствии многочисленных высокопоставленных церковнослужителей положительно отозвался о новой системе. Произведение возбудило огромный интерес. Это и понятно: проблема календаря давно вызывала серьезную озабоченность церкви. Старый Юлианский календарь, введенный еще во времена Юлия Цезаря, был основан на

том, что продолжительность солнечного года равна 365,25 суток. Но, поскольку в действительности она составляет 365,2422 суток, ко времени Коперника накапливающееся расхождение достигло уже 10 суток, на которые календарь, собственно, и отставал от хода Солнца. Таким образом, церковь была чрезвычайно заинтересована в реформе календаря, а следовательно, и во всех астрономических работах, которые могли бы способствовать решению этой проблемы. Еще в 1513 г. Копернику было поручено принять участие в реформе календаря. Тогда он заявил церковному руководству, что ход Солнца известен пока недостаточно точно, чтобы надежно решить эту проблему.

Если каждая новая попытка привести звезды «в порядок» интересовала церковь лишь с точки зрения усовершенствования календаря, то для Коперника дело обстояло иначе. Для него важно было не только построение ясной и простой картины мира, но и свободное от противоречий объяснение всех наблюдаемых небесных явлений. Однако именно об этом в книге Коперника не говорилось ни слова.

Коперник десятилетиями изучал достижения античной астрономии. Когда в 1538 г. в Базеле впервые был опубликован греческий текст «Альмагеста» Птолемея, Коперник тотчас же приобрел это произведение для собственной библиотеки. Однако с содержанием труда своего великого предшественника он детально познакомился много раньше. Издание, осуществленное Герхардом из Кремоны и имеющее в своей основе арабский перевод «Альмагеста», несомненно, послужило для Коперника основным источником при изучении античной геоцентрической астрономии.

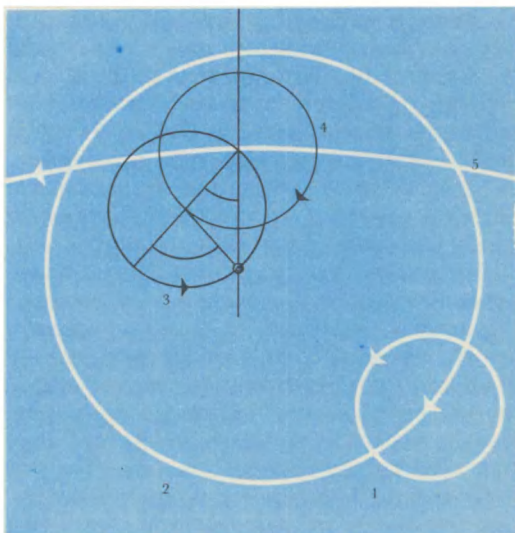
Это издание, однако, представляло собой типичный пример судьбы многих античных произведений, которые с течением времени все более искажались и отдалялись от своих оригиналов. Серьезность, с которой Коперник занимался изучением системы мира Птолемея, подтверждают многочисленные поправки, которые он собственноручно вносил в текст издания, пользуясь при этом и выписками из «Альмагеста», опубликованного Региомontanом и Пурбахом в 1496 г.

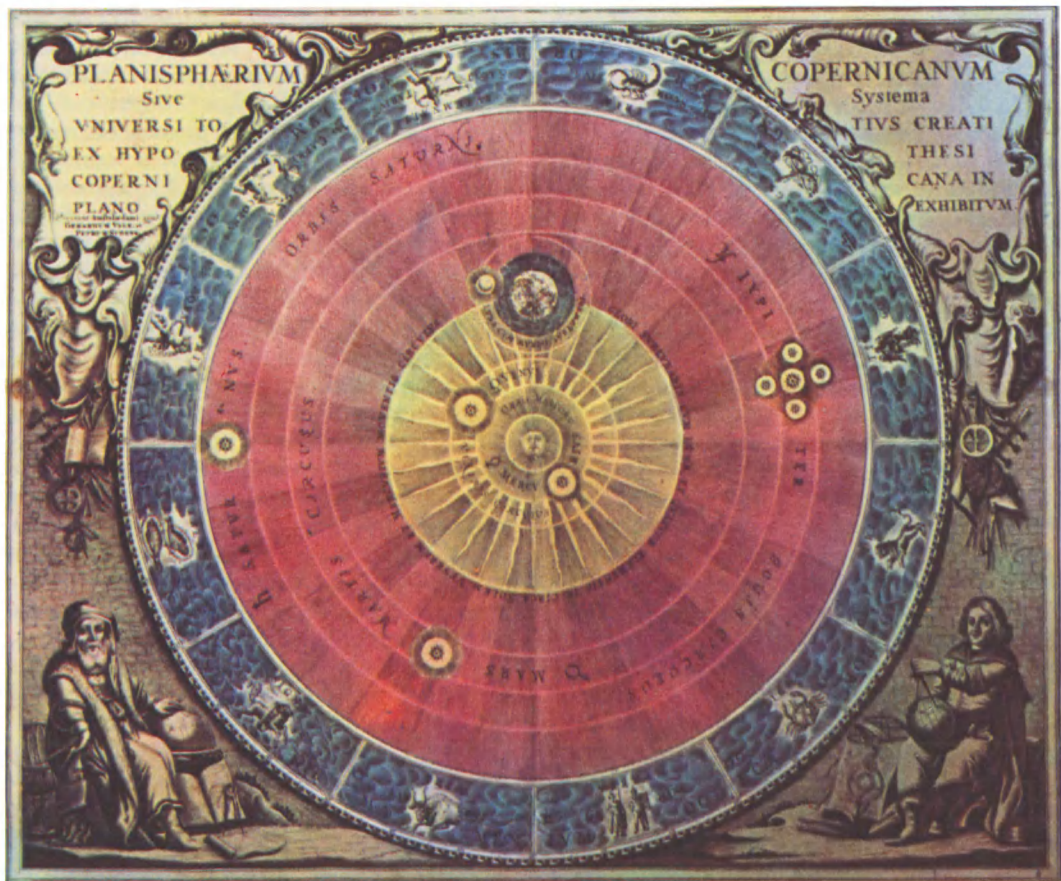
Коперник понимал, что система мира Птолемея вытекала из положения, которо-

му в основном неукоснительно следовала греческая астрономия: все движения должны сводиться к равномерным круговым движениям. Предложенная Птолемеем схема *punctum aequans* (точки равновесия) имела своей целью сохранить этот принцип. Коперник также не подвергал сомнению данный принцип. В своем труде он объяснил круговые орбиты небесных тел, исходя из шарообразности их формы, что без сомнения явилось шагом вперед по сравнению с античными представлениями о «божественности» светил.

Однако убеждение Коперника в том, что небесные тела способны двигаться только по круговым орбитам, конечно, не могло не сказаться при детальной разработке им новой системы. Сложные движения Солнца, планет и Луны, известная уже грекам неодинаковая продолжительность различных времен года, неравномерность планетных движений – все это, естественно, затрудняло построение гелиоцентрической системы, исходя из принципа круговых орбит.

Движение Меркурия (по Копернику). В построении картины движения были использованы элементы античной теории планет: планета движется по периферии второго эпицикла (1), центр которого перемещается по первому эпициклу (2). Центр первого эпицикла в свою очередь перемещается по малому (внутреннему) кругу (3), центр которого движется по малому (внешнему) кругу (4). Центром орбиты деферента (5), вокруг которого с определенным периодом колеблется центр первого эпицикла, является Солнце.





Система мира по Копернику – изображение в звездном атласе Целлариуса.

Поэтому во 2–6-м томах своего произведения, предназначенных для математиков и астрономов, Коперник вынужден был прибегнуть к достаточно сложным кинематическим построениям, в основе которых лежал аппарат птолемеевой астрономии. В целом число эпициклов у Коперника оказалось несколько меньше, но отказаться от них полностью он не смог.

Впечатляющим примером использования Коперником античной кинематики планетных движений может служить изображение движения Меркурия, данное в «Малом комментарии». Коперник оперировал здесь двумя эпициклами, причем центр большего эпицикла не просто двигался по круговой орбите, но помимо этого совершал колебания с полугодовым периодом вдоль радиуса орбиты. Но и это

движение также приходилось описывать с помощью кругов, и Коперник воспользовался для этого системой из двух кругов. По окружности «внутреннего малого круга» двигался центр большего эпицикла. Подбирая определенные соотношения угловой скорости и направления вращения, Коперник стремился достигнуть того, чтобы точка, находящаяся на некоторой прямой, могла бы двигаться взад-вперед в пределах отрезка, равного удвоенному диаметру круга.

Прибегнув к подобным ухищрениям, Коперник в известном смысле вернулся к методам античной астрономии и превзошел при этом даже Птолемея. Однако основная суть произведения Коперника заключалась, конечно, не в этом. Главное здесь – переход к новой модели мира, где Солнце занимало центральное положение, а Земля двигалась вокруг него, что означало крушение системы Птолемея в принципе.



## Гость из Виттенберга

О новых исследованиях фромборкского каноника были наслышаны уже многие, хотя он, подобно Пифагору, сообщал лишь некоторые отрывочные сведения о своей работе самым доверенным лицам. Молва о необычных исследованиях тогда уже 66-летнего «мудреца» из Торуня, малоизвестного в ученых кругах, докатилась до Рима, Кракова, Виттенберга. 25-летний профессор математики из Виттенбергского университета Лаухен (Ретик, 1514–1575) и его коллега Эразмус Рейнгольд, хотя официально и преподавали систему Птолемея, горели желанием познакомиться с учением Коперника и по возможности проверить его самим. В 1539 г. Ретик, ученик Филиппа Меланхтона, отправился, как он предполагал, ненадолго на север Польши. Однако прошли годы – решающие годы, – прежде чем произведение Коперника увидело свет.

Ретик оказался восторженным учеником Коперника и прежде всего пламенным поборником его системы мира. В конце концов он добился разрешения опубликовать основные положения нового труда Коперника в достаточно подробном изложении.

Анонимные сообщения об этой работе появились почти одновременно в Гданьске и Базеле (1540 и 1541 гг.) под названием *Narratio prima*, что означает «Первое сообщение». Только после этих публикаций Коперник окончательно перестал противиться изданию своего произведения.

Работы и формальности, связанные с опубликованием, взял на себя Ретик, который позаботился и о типографии. В знаменитом Нюрнберге он выбрал печатника Иоганна Петрайуса, имевшего большой опыт работы с научными трудами. Ретик уже печатал у Петрайуса свою книгу о Копернике и тогда предварительно договорился о скором издании произведения Коперника.

Ретик наблюдал за печатанием лишь на начальном этапе. Дальнейший надзор он поручил своему другу – протестантскому теологу Андреасу Оссиандеру (1498–1552). Последний был хорошо знаком с содержанием произведения и даже переписывался по этому поводу с Коперником. Оссиандер полагал, что этому изданию необходимо предпослать «покаянное» предисловие, чтобы тем самым избежать нежелательных

конфликтов с церковью. Однако Коперник отклонил такое предположение. И кто бы мог подумать, что Оссиандер осмелится, пренебрегая волей Коперника, без его ведома дать введение, в котором новая картина мира представлялась как неопределенная гипотеза, как некая вспомогательная теоретическая конструкция, полезная лишь для определенных практических целей. Поскольку Оссиандер не поставил своего имени под введением, у читателя неизбежно должно было сложиться впечатление, что оно исходит от самого Коперника, поскольку его собственное предисловие в первом издании отсутствовало. «Нет необходимости, – говорилось у Оссиандера, – чтобы эти гипотезы были истинными или вероятными; уже вполне достаточно, если они дают результаты вычислений, согласующиеся с наблюдениями».

Лишь 300 лет спустя удалось опубликовать предисловие самого Коперника. Возражения друзей Коперника, прежде всего, конечно, Ретика и Тидеманна Гизе, ничего не могли уже изменить. Но очень вероятно, что Коперник так и не узнал о фальшивке Оссиандера, ибо в то время, когда в 1543 г. книга прибыла из Нюрнберга во Фромборк, он уже был тяжело болен. Умер Коперник 4 мая 1543 г.

Но его книга, получившая название «Об обращениях небесных сфер» (*De revolutionibus orbium coelestium*), подобно лишь немногим произведениям в истории естественных наук, продолжала оказывать свое воздействие. Она содержала революционную программу, которая легла в основу астрономии на новом этапе ее развития.

## Революция, совершенная Коперником

Энгельс в «Диалектике природы» называет выход сочинения Коперника «величайшим прогрессивным переворотом из всех пережитых до того времени человечеством».

Доказательством этого служит величайший прогресс, который с тех пор был достигнут в науке и во всех областях общественной жизни. Опираясь на городскую буржуазию, зародившуюся в недрах дряхлеющего феодального дворянства, начали образовываться великие абсолютные монархии, послужившие в свою очередь

основой формирования современных европейских наций. «Рамки старого *orbis terrarum*<sup>1</sup> были разбиты, только теперь, собственно, была открыта земля и были заложены основы для позднейшей мировой торговли и для перехода ремесла в мануфактуру, которая в свою очередь послужила исходным пунктом для современной крупной промышленности. Духовная диктатура церкви была сломлена; германские народы в своем большинстве прямо сбросили ее и приняли протестантизм, между тем как у романских народов стало все более и более укореняться перешедшее от арабов и питавшееся новооткрытой греческой философией жизнерадостное свободомыслие, подготовившее материализм XVIII века», — писал Энгельс во введении к «Диалектике природы»<sup>2</sup>.

Естествознание в те времена должно было вести жестокую борьбу за элементарное право на свое самостоятельное существование, независимое от церкви и религии. Оно развивалось в эпоху общественных потрясений и само становилось все более революционным. Естествознание гигантскими шагами двигалось вперед и ощутило обретало силу и влияние.

Как и другие естественнонаучные дисциплины бурный расцвет переживала астрономия. Период XV–XVI вв. ознаменовался значительным подъемом астрономических исследований, который обусловили практические потребности развивающегося раннего капитализма. Рост производства, торговли и связанный с ней переход к плаванию в открытых морях требовали по возможности более надежного ориентирования в пространстве и во времени, а для этого нужны были таблицы, содержащие точные положения звезд. Необходима была также реформа календаря.

Значение разработанной Коперником гелиоцентрической системы далеко выходит за рамки астрономии и имеет своим следствием революционизацию всего естественнонаучного мышления. Учение Коперника особенно четко демонстрирует, как тесно связаны между собой основополагающие проблемы астрономии и мировоззрения в целом. Оказалось, что спор

между Птолемеем и Коперником, между геоцентризмом и гелиоцентризмом, означает в конечном итоге спор между религиозно-идеалистической и естественноматериалистической картинами мира. Смелые идеи польского ученого, породившие невиданное прежде драматическое обострение философско-мировоззренческого спора, привели к столь глубокому перевороту во взглядах человека на мир, что мы с полным правом можем говорить о революционном перевороте, совершенном Коперником.

Фридрих Энгельс в своей оценке произведения великого каноника из Фромборка писал: «Революционным актом, которым исследование природы заявило о своей независимости ... , было издание бессмертного творения, в котором Коперник бросил — хотя и робко и, так сказать, лишь на смертном одре — вызов церковному авторитету в вопросах природы». В естественных науках до тех пор не появлялось книги, которая получила бы такой общественный резонанс. Сам Коперник не мог, конечно, предвидеть всех последствий. Этого не могли сделать и его современники, и даже теологи сначала не возражали против «опыта» польского ученого. Ни в коей мере не следует думать, что Коперник не осознавал, на что он идет. Вышедшее из-под его пера посвящение Павлу III является красноречивым свидетельством его глубокого убеждения в истинном назначении новой системы.

Копернику было ясно, что это звучит «диссонансом для ушей» тех, кто считал неподвижность Земли установленной раз и навсегда. Коперник предвидел и возражения церкви. Наконец, церковные авторитеты уже перед самым опубликованием книги — лишь на основе «Комментария» — выразили резкое неприятие ее. Мартин Лютер ссылаясь при этом на Ветхий завет, где в 10-й главе книги Иисуса Навина говорится: «Иисус воззвал к Господу в тот день, в который предал Господь Аморрея в руки Израилю, когда побил их в Гаваоне, и они побиты были пред лицом сынов Израилевых, и сказал пред Израильтянами: стой, солнце над Гаваоном, и луна, над долиной Аиалонскою! И остановилось солнце, и луна стояла, доколе народ мстил врагам своим. Не это ли написано в книге Праведного: «стояло солнце среди неба и не спешило к западу почти целый

<sup>1</sup> Буквально: круг земель; так у древних римлян назывался мир, земля. — Прим. перев.

<sup>2</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Полн. собр. соч., 2-е изд., т. 20, с. 346.

день»? Таким образом, Солнце должно было двигаться, заключали толкователи Библии. Лютер выразил свое отношение к Копернику: «Глупец хочет перевернуть все искусство астрономии, но Святое Писание говорит о том, что Бог приказал остановиться Солнцу, а не Земле». Филипп Меланхтон так же говорил о «сумасшедших бреднях «сарматского астронома». «Воистину мудрые господа должны укротить распушенность умов» — это высказывание по времени также совпадает с появлением книги «Об обращении небесных сфер». Ответ Коперника в посвящении великому понтифику Павлу III достаточно четок: «Если и найдутся [пустословы], которые, будучи невеждами во всех математических науках, все-таки берутся о них судить и на основании какого-нибудь места священного писания, неверно понятого и извращенного для их цели, осмелятся порицать и преследовать это мое произведение, то я, ничуть не задерживаясь, могу пренебречь их суждением как легкомысленным».

Далее Коперник говорит о полезности своего произведения для церкви: «Математика пишется для математиков, а они, если я не обманываюсь, увидят, что этот наш труд будет в некоторой степени полезным также и для церкви, во главе которой в данное время стоит Твое Святейшество». Затем Коперник играет на столь важной для церкви проблеме календаря, которая лишь потому осталась нерешенной, «что не имелось достаточно хороших определений продолжительности года и месяца и движения Солнца и Луны». Но радикаль-

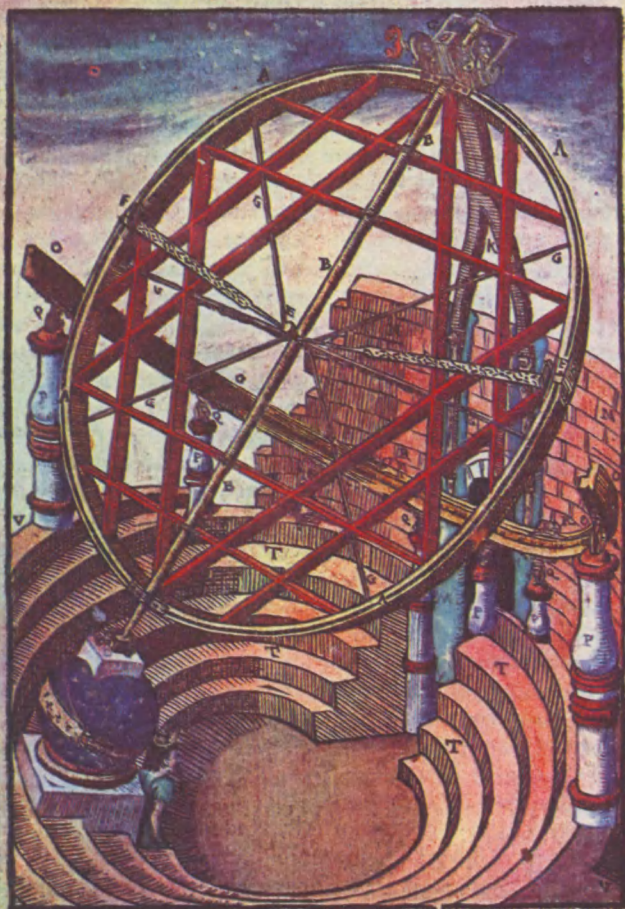
ная «перестановка» Солнца в центр мира, естественно, не разрешила всех противоречий. Вычисленные Эразмом Рейнгольдом на основе системы мира Коперника «Прусские таблицы»<sup>1</sup> не обладали сколько-нибудь значительными преимуществами по сравнению с «Альфонсовыми таблицами». Хотя система и была менее сложной, чем птолемеева, но все же она не имела той простоты, которая вначале казалась Копернику достижимой. И наконец, — к радости научных противников системы — в ней отсутствовало доказательство периодического смещения неподвижных звезд в течение года, так называемого параллакса неподвижных звезд, что должно было служить решающим аргументом в пользу вращения Земли. Сторонники же системы увидели в этом призыв к действию. Убежденные в правильности учения Коперника они, вооружаясь все более точными измерительными инструментами и утонченными методами исследования, стремились доказать, что положение неподвижных звезд, хотя и очень малозаметно, изменяется. Однако уже очень скоро стало очевидным, что борьба за систему Коперника или против нее далеко выходит за рамки науки.

Великий труд «тихого революционера» из Фромборка начал свой долгий путь сквозь времена и земли.

<sup>1</sup> Названы так в честь герцога Альберта Прусского, который субсидировал их издание (1551 г.) — Прим. перев.



ARMILLÆ ÆQVATORIÆ MAXIMÆ,  
SESQVIALTERO CONSTANTES  
circulo.



EXPLI-

Большая армиллярная сфера Тихо Браге для измерения угловых расстояний светил (из труда Браге «Механика, обновленная астрономией», Виндсбек, 1598 г.).

---

# ОТ ГАРМОНИИ МИРА К ВСЕМИРНОМУ ЗАКОНУ

Старое говорит: каков я есть сейчас,  
таким я был всегда.

Новое говорит: если ты нехорош — уходи.

*Бертольд Брехт*

---

## Исследователь из Ураниборга

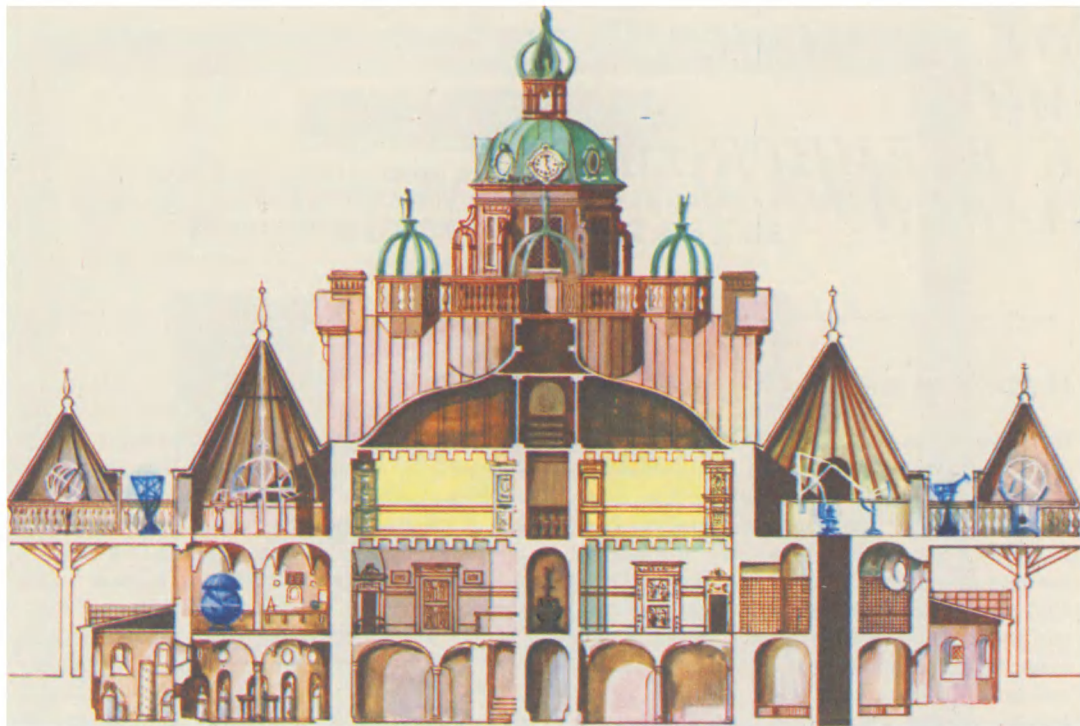
Вечером 11 ноября 1572 г. 25-летний датский любитель астрономии (тогда еще нельзя было назвать его иначе) Тихо Браге с привычным вниманием всматривался в небо. Каково же было его удивление, когда в созвездии Кассиопеи он увидел яркую звезду, которая никак не могла «принадлежать» этому созвездию. Сравнивая по яркости с Венерой, она ранее никогда не наблюдалась на небе ни как неподвижная звезда, ни как яркая планета. Это событие произвело сенсацию в кругах астрономов. Новая звезда (Nova), одним из наиболее внимательных наблюдателей которой был Тихо Браге, со временем потеряла свою яркость и, наконец, примерно через год после своего появления исчезла совсем. Позднее Тихо изложил свои наблюдения в работе «О новой звезде». Особое место в ней занимают данные по измерению положения звезды. Тихо Браге не смог установить каких-либо изменений в ее положении. Отсюда он сделал вывод, что новая звезда, по-видимому, принадлежит к числу неподвижных звезд. А не возникла ли она на той самой сфере, где, по Аристотелю, не должно происходить никаких изменений? Как же в таком случае звезда могла вспыхнуть, а затем исчезнуть? Так Тихо столкнулся впервые с противоречием между теорией Аристотеля и опытом, т. е. реальной действительностью.

По совету родственников Тихо предпринял большое путешествие по Европе с целью продолжить свое образование в области юриспруденции. Некоторое время он провел в Касселе у лендлорда графа Вильгельма IV Гессенского. Граф убедительно рекомендовал Тихо — тогда еще не

успевшего вернуться на родину — датскому королю Фридриху II. В послании к королю Вильгельм IV, в частности, писал, что тот может обеспечить себе «бессмертное имя», если поддержит научные устремления Тихо. В результате совершенно неожиданно для Тихо Фридрих II передал ему в пожизненное владение остров Вен. Кроме того, король взял на себя все расходы по приобретению необходимых инструментов, постройке зданий, содержанию сотрудников. В 1576 г. был заложен фундамент одной из самых известных обсерваторий всех времен, истинной цитадели наблюдательной астрономии. Ураниборг (так называл Тихо Браге оборудованное вскоре место исследований) — первое сооружение, воздвигнутое в Европе специально для астрономических наблюдений. Рядом со строениями, предназначенными непосредственно для установки инструментов, жилыми и библиотечными зданиями, хозяйственными помещениями, были заложены также механическая мастерская и типография. На этой единственной в своем роде «фабрике знаний» можно было делать все: от ночных наблюдений звезд до печатания результатов исследований.

Тогда исследователей звезд, астрологов, философов, поэтов, а также шарлатанов всех мастей занимало новое событие в небе. Этим событием явилась удивительная, с роскошным хвостом комета 1577 года.

Ураниборг к тому времени был уже частично оборудован, и Тихо, как и многие другие современники, обратился к новому объекту исследований. Несмотря на то что в те годы не было еще ни академий, ни научных обществ, ученые уже обменивались результатами наблюдений, и даже возникла письменная дискуссия по поводу ко-



Макет Ураниборга, обсерватории Тихо Браге на острове Вен.

меты—этому во многом способствовали благоприятные условия ее видимости. Однако Тихо не спешил с публикацией результатов собственных наблюдений. Он спокойно сравнивал свои данные с данными других исследователей. Особенно интересовал его, как и в случае с Новой, вопрос о параллаксе кометы. Это и понятно: с древности сохранялось убеждение, что кометы вовсе не являются небесными телами. Например, Птолемей вообще не упоминал о них в своем «Альмагесте». Среди ученых тогда повсюду господствовало мнение, что «хвостатые звезды» представляют собой некий вид атмосферных выбросов и поэтому должны быть отнесены к «подлунному миру» (пространству между Луной и Землей), где, согласно традиционному канонизированному мнению, только и могут происходить какие-либо изменения.

Однако Тихо не был рабом установившихся убеждений. Он тщательно проверил все измерения—как собственные, так и других исследователей. Результат позво-

лил сделать лишь один вывод: комета не могла находиться в «подлунном мире», поскольку в этом случае она непременно должна была бы обладать значительным параллаксом. Следовательно, комета должна была принадлежать именно той части пространства, где, согласно Аристотелю, не может происходить никаких изменений. Но это еще далеко не все: оказывалось, что, кроме того, комета двигалась сквозь планетные сферы и поэтому неизбежно должна была «пронзать» их. Тем не менее ни малейшего замедления в ее движении не замечалось.

С той поры таинственные кометы следовало рассматривать лишь как внеатмосферные тела, как члены Солнечной системы. Однако эта точка зрения получила признание далеко не сразу. Так, Галилей, когда речь заходила о кометах, всегда иронически отзывался о них как об «обезьяньих планетах» Тихо.

Анализ движения комет, выполненный Браге, имел еще одно немаловажное последствие: он открыл путь представлению о планетах как о свободно перемещающихся телах. Впервые такими их начал считать только Иоганн Кеплер.



## Браге ищет компромиссное решение

Беззаботные годы наблюдений в Ураниборге на острове Вен минули в прошлое со смертью Фридриха II, после чего датским королем стал Христиан. Новый властитель нисколько не интересовался исследованиями неба, и это имело для Тихо весьма неприятные последствия: его доходы сократились, влияние уменьшилось, и в конце концов в 1597 г. он решил покинуть Данию.

Два года Тихо Браге пробыл в Гамбурге; затем по приглашению Рудольфа II переехал в Прагу, где занялся строительством новой обсерватории.

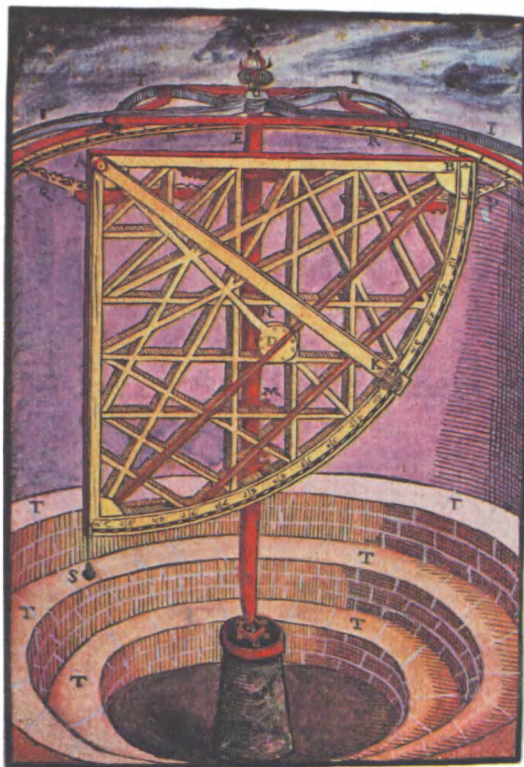
А как относился Браге к гелиоцентрической системе мира, разработанной Коперником?

Следует отметить, что Браге прежде всего был наблюдателем. Датский астроном стал одним из ведущих наблюдателей своего времени благодаря тому, что, с одной стороны, он располагал превос-

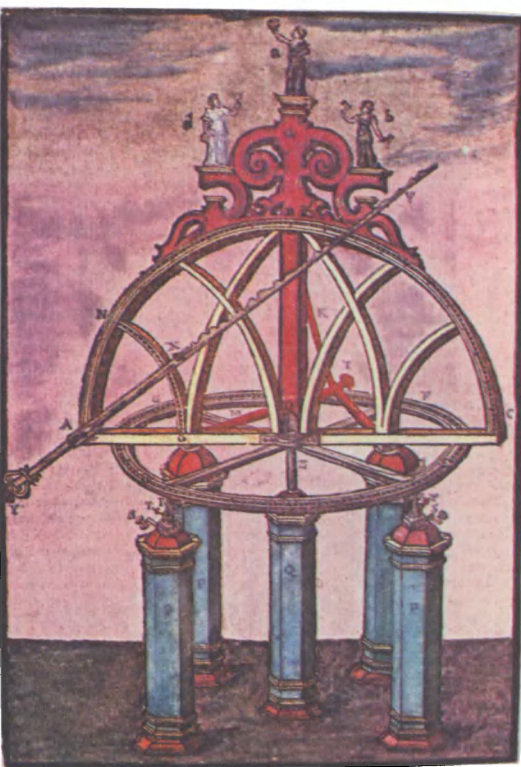
ходными для той поры инструментами и отличной обсерваторией, а с другой — обладал непревзойденным искусством наблюдателя. Точность его наблюдений поражает. Последующая проверка показала, что расхождения с полученными Браге значениями склонений и прямых восхождений звезд не превышает 2'. Попробуйте только представить себе, как ничтожна эта доля градуса на огромном небе! Дуговая минута составляет лишь  $\frac{1}{30}$  диаметра лунного диска. Подобной точности Браге добился, используя метод простой засечки и применяя специальные приспособления («визирь»). Наблюдение Солнца позволило Браге с большей точностью измерить продолжительность тропического года: она оказалась равной 365 суткам 5 ч 48 мин 45 с. Это лишь на секунду отличается от современных данных.

При определении географической широты собственного местонахождения на основании измерений 'высоты Солнца Браге обнаружил систематическое расхождение с результатами, полученными по изме-

Азимутальный квадрант Тихо Браге.



Большой полукруг Тихо Браге.





Тихо Браге с тремя помощниками во время наблюдений. На заднем плане — изображения различных сцен из жизни обсерватории Ураниборг.



рению высоты Полярной звезды. Из анализа разности, составившей всего 4', он сделал вывод, что это расхождение обусловлено преломлением лучей в земной атмосфере. В отличие от других исследователей, которые также наблюдали подобные расхождения, Браге предпринял попытку оценить влияние преломления лучей и представить свои результаты в виде таблиц, которые позволили бы учитывать этот эффект при обработке наблюдений.

Тщательное наблюдение Луны привело Браге к открытию новых свойств орбитального движения Луны—так называемых годовичных неравенств и вариаций в ее движениях.

Большое значение имели также выполненные Браге наблюдения положений светил. Но наиболее важны—прежде всего по степени их влияния на последующие работы—его исследования планет. Им Браге уделял особое внимание.

Браге отнюдь не был просто «звездочетом», копившим числа и только числа. Из своих наблюдений он стремился вывести общие закономерности строения Вселенной. Несомненно, подобный подход и интенсивная деятельность Браге как наблюдателя явились следствием нового веяния, привнесенного в астрономию Коперником. И тем не менее Браге не был сторонником картины мира, созданной Коперником. Ни слова одобрения в адрес гелиоцентрической системы мира не слышал Браге и от своих учителей (Хоммеля в Лейпциге и Пойзера в Виттенберге). Те немногие, но весьма активные выступления церкви, в которых подчеркивались очевидные противоречия учения Коперника с Библией, произвели сильное впечатление на консервативного мыслителя и примерного христианина Тихо Браге. В письме к математику Ротману—приверженцу системы мира Коперника,—находившемуся на службе у Вильгельма Гессенского, Тихо выдвигал следующий аргумент против вращения Земли: если Земля действительно вращается с запада на восток, то пушечное ядро, выпущенное в направлении вращения Земли, должно улететь значительно дальше, чем снаряд, посланный в противоположном направлении. На это Ротман ответил, что и пушка, и снаряд участвуют в движении Земли и, следовательно, подобный аргумент неубедителен. Браге, придерживавшемуся аристотелева представления о дви-

жении, возражение Ротмана показалось бессмысленным.

Однако из неприятия учения Коперника отнюдь не вытекало признание Браге птолемеевой системы мира. Ему, искусному наблюдателю, были отчетливо видны недостатки старого учения. Тогда Браге разрабатывает свою, компромиссную, систему—не коперниканскую и не птолемееву, она содержала элементы обеих систем и, по мнению Тихо, лучше отражала действительность.

Как же выглядела эта система мира? В центре, разумеется, как и у Птолемея, покоилась Земля. Она одновременно служила и центром, вокруг которого двигались Солнце и Луна. Тем не менее другие планеты у Браге вращались вокруг Солнца, как у Коперника. Центром сферы из неподвижных звезд, которая совершала полный оборот за 24 ч, опять же была Земля.

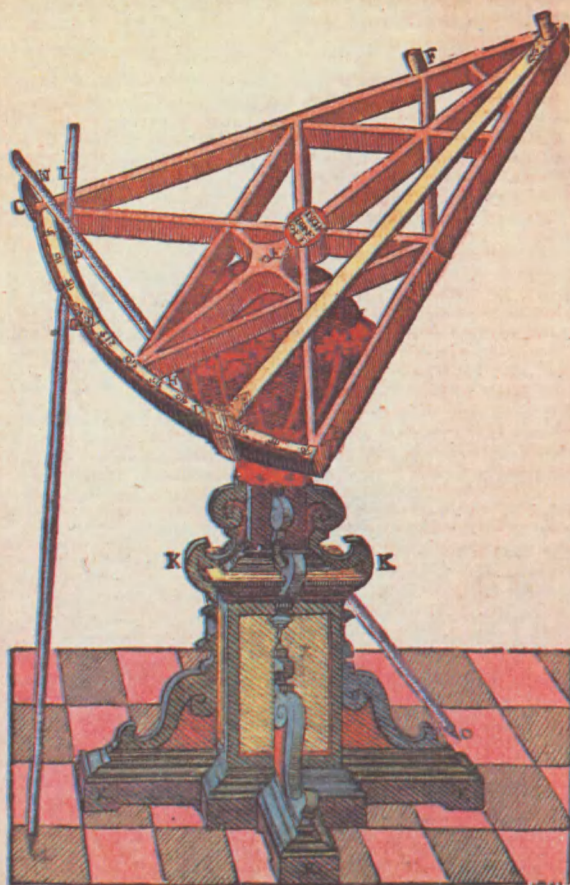
Тихо Браге придавал своей системе мира чрезвычайно большое значение и даже считал обоснование ее главных положений на базе точных наблюдений целью своей жизни. Однако добиться этого ему не удалось. Ни одной теории движения небесных тел сам Браге так и не разработал. Его компромиссную систему лучше сравнивать с чисто умозрительными представлениями о Вселенной Евдокса или Аристотеля, чем с математически отработанными гипотезами Птолемея и Коперника. Отсутствие

Система мира по Тихо Браге. Земля здесь находится в центре мира (как у Птолемея), однако другие планеты движутся вокруг Солнца.





**SEXTANS ASTRONOMICVS**  
**TRIGONICVS PRO DISTANTIIS**  
*rimandis.*



EXPLI-

Секстант Тихо Браге.

теоретических разработок у Браге в какой-то мере можно было бы объяснить его недостаточной одаренностью, тем более, что точность наблюдений со времени Коперника повысилась почти на порядок; теперь уже нельзя было полностью игнорировать отклонения от теории Коперника или просто довольствоваться наблюдениями меньшей точности. Теоретическое обобщение должно было соответствовать повысившейся точности наблюдений. И Браге понимал, что ему не под силу справиться со столь сложной задачей.

## «Геометрический» мир

Человек, о котором пойдет речь дальше, был одним из самых значительных исследователей неба всех времен. Его труды способствовали прогрессу в области астрономии не менее чем работа «Об обращении небесных сфер» (1543 г.) Николая Коперника и «Математические начала натуральной философии» (1714 г.) Исаака Ньютона. Наука должна быть благодарна Кеплеру за решительную ломку принципов и методов исследования, которые как бы символизировали границу между средневековым и современным естествознанием.

Иоганн Кеплер родился 27 декабря 1571 г. в Вейле, маленьком городке на границе Шварцвальда. Уже в период изучения протестантской теологии, курс (он включал и астрономию) которой он прослушал, получив ученую степень магистра богословия, Кеплер постоянно раздражал своих учителей критическими и непредубежденными высказываниями по спорным вопросам теологии. И когда протестантской приютской школе в Граце потребовался учитель математики, тюбингенские наставники Кеплера, вероятно, без особых сожалений направили туда строптивого ученика.

К этому времени Кеплер уже познакомился с основными положениями системы мира Коперника. Из уст своего тюбингенского учителя математики Местлина, действующего с соответствующими предосторожностями, он узнал о новой концепции строения мира, которая сначала его очаровала. Причина этого была чисто теологического характера: в Солнце, в мировом пространстве с Землей и людьми, в прочих планетах, а также в сфере с неподвижными



Иоганн Кеплер.

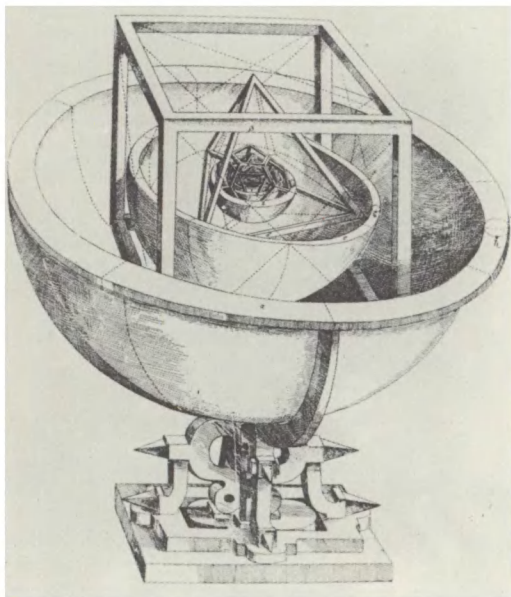
звездами Кеплер увидел своего рода отображение святой троицы. Но вскоре очарование исчезло.

Геометрическая точка зрения на строение мира, которая пришла на смену первоначальному метафизическому представлению, стала заключительным этапом в биографии теолога Кеплера, так фактически и не начавшейся. Этому немало способствовали его обязанности, связанные с работой в Граце: составление календаря и астрологическая прогностика, что предполагало обстоятельное занятие астрономией.

Размышляя о космосе, Кеплер пришел к довольно странной идее: а нет ли какой-либо связи между количеством известных тогда планет (шесть) и числом правильных евклидовых тел (пять). По существу это была мысль о геометрическом принципе построения планетной системы. Развивая свою идею дальше, Кеплер вскоре нашел, что подобная связь действительно должна иметь место.

Вкладывая друг в друга четырехгранник (тетраэдр), шестигранник (куб), восьмигранник (октаэдр), двенадцатигранник (додекаэдр) и двадцатигранник (икосаэдр), Кеплер установил, что сферические поверхности, диаметры которых соответствуют размерам орбит планет в системе Коперника,





Так Кеплер представлял расположение планет в своем раннем произведении «Космографические тайны».

могут располагаться как внутри, так и вне этих правильных геометрических тел. Так, если в сферу Сатурна вписать шестигранник, то вписанная в него сфера будет как раз сферой Юпитера. Если же далее в сферу Юпитера вписать тетраэдр, взяв в качестве центра Солнце, то вписанная в этот тетраэдр сфера будет иметь диаметр, соответствующий диаметру орбиты Марса. Аналогичным образом можно получить диаметры планетных орбит Земли, Венеры и Меркурия, если вкладывать правильные геометрические тела в следующей последовательности: додекаэдр, икосаэдр и октаэдр. Кеплер был твердо убежден, что он постиг сокровенную «тайну мира», часть «плана мироздания». Количество планет, по его мнению, и определялось именно тем обстоятельством, что существует пять видов правильных тел, которые могут быть последовательно расположены в шести планетных сферах.

Свою идею о геометрических принципах построения мира Кеплер развивал с завидным упорством и твердой убежденностью в своей правоте. Уже в этом проявляется стиль его мышления и творчества: ему в равной мере были свойственны как буйная фантазия поэта, так и скрупу-

лезность и усидчивость простого расчетчика. Фантазия указывала направление поиска, а холодный разум строго и последовательно вел к цели. В 25-летнем возрасте Кеплер изложил все эти умозаключения в своем первом труде «Космографическая тайна», или «Тайна Вселенной» (*Prodromus Dissertationum Cosmographicarum continens Mysterium Cosmographicum*, или *Mysterium Cosmographicum*).

Сегодня мы твердо знаем, что выведенная Кеплером зависимость между планетными орбитами и пятью правильными многогранниками абсолютно беспочвенна. Однако Кеплер, воодушевленный первым успехом, собирался продолжать свои исследования. Его переписка с учеными показывает, что он наметил себе чрезвычайно смелую жизненную программу, которой придерживался с поразительной строгостью. Он определил свою цель словами: «Двигаться вперед от бытия вещей, которые видит наш взгляд, к причинам их бытия и образования». Эти слова молодого Кеплера можно было бы сделать девизом всего нового естествознания.

Богатство мыслей оригинальной публикации заставило Тихо Браге обратить внимание на Кеплера. Он пригласил его в Прагу для совместной работы (хотя Кеплер был на четверть века моложе его), несмотря на то, что не признавал ни астрономии Коперника, ни идей самого Кеплера.

Браге проникся надеждой, что гению Кеплера будет по силам осуществить анализ тех фактических данных, которые он накопил за десятилетия своих наблюдений. Разумеется, цель этого анализа должна быть одна — доказать правильность системы мира по Тихо.

## Встреча в Праге

4 февраля 1600 г. в Праге впервые встретились Кеплер и Браге. Для развития астрономии, как выяснилось позднее, эта встреча имела чрезвычайно большое значение.

Однако совместную работу двух исследователей — очень разных по возрасту, складу характера и взглядам — никак нельзя было назвать приятной. «Феникс астрономии», Браге был весьма властолюбивым и быстро приходил в ярость, что порой делало жизнь и работу впечатлительного Ке-



плера просто невыносимой. Кеплера чрезвычайно интересовал богатейший материал, накопленный Браге: в нем он надеялся найти ответ на некоторые волновавшие его вопросы. Однако вскоре Кеплеру стало ясно, что сам Браге не представляет, как можно использовать те сокровища, которыми он владеет. Кроме того, Браге держал свои данные в секрете, разглашая лишь те из них, которые были совершенно необходимы для разработки поставленных им самим задач. Такая «совместная работа» двух исследователей продолжалась неполных два года, вплоть до 24 октября 1601 г., когда Тихо Браге скончался. Кеплер стал его преемником на должности математика в своеобразном астролого-астрономическом институте, учрежденном при дворе Рудольфа II. Здесь на него была возложена работа, порученная ранее императором Тихо Браге, по замене «Альфонсовых таблиц» и «Прусских таблиц» (более поздних, но не достаточно широко распространенных) «Рудольфовыми таблицами».

К многочисленным трудностям, стоящим перед Кеплером, добавились еще и бесконечные переговоры с наследниками Тихо, которые, пожалуй, с еще большей скупостью, чем сам Тихо, цеплялись за его сокровища, столь необходимые Кеплеру для работы. Когда же, наконец, Кеплер стал обладателем материалов Браге, возникли новые проблемы: результаты измерений положений Марса, за которым Браге в течение длительного периода наблюдал особенно интенсивно, никак не согласовались с гипотезой круговых орбит планет — в среднем отклонение составляло около  $8'$ . Это значение находилось еще в пределах ошибок, допускаемых системой Коперника, однако Кеплера подобное отклонение никак не удовлетворяло. Таким образом, эти, казалось бы, незначительные  $8'$ , как позже писал Кеплер, указали «путь к обновлению астрономии»: либо орбита Марса не была абсолютно круговой, либо движение планеты по орбите происходило не с постоянной угловой скоростью. Возможно — и Кеплер это вполне допускал, — имели место оба эффекта. Но можно ли так просто отказаться от точки зрения, которая в течение почти двух тысячелетий считалась единственно правильной и в которой не сомневался сам Коперник.

Кеплер задался вопросом, нельзя ли

уточнить результаты наблюдений, исходя из какого-либо другого предположения. Наивысшим авторитетом здесь могла быть лишь сама Природа. «Истина Природы» — так оценивал молодой астроном наблюдения Тихо Браге. Кеплер сознавал необходимость, выражаясь современным языком, проверки теории на практике, иначе говоря, реализации того подхода, который лежит в основе современного естествознания. Во времена же Кеплера это означало новый, революционный принцип познания. Руководствуясь этим принципом, после длительных и кропотливых вычислений и тщательного исследования многих гипотез Кеплер сформулировал два закона движения планет, которые на первый взгляд противоречили астрономии Коперника, но вместе с тем расширяли и развивали ее. Не обращая внимания на «ловушки, которые черт расставляет ученому», Кеплер, наконец, счел возможным сделать следующий вывод: планета Марс (позднее Кеплер доказал это и для других планет) движется по эллиптической орбите, и в одном из фокусов такого эллипса находится Солнце. Кроме того, Кеплер сумел точно охарактеризовать движение планет: планета всегда движется так, что линия, соединяющая Солнце и планету (радиус-вектор), за равные промежутки времени описывает равные площади (теорема о площадях).

Как говорил впоследствии Эйнштейн, во времена Кеплера выявление и формулирование законов естествознания ни в коем случае нельзя было считать чем-то привилегированным. Поэтому в историческом плане вывод Кеплером двух математически обоснованных законов движения планет следует рассматривать как огромный шаг вперед на пути познания сути космических явлений.

Вместе с тем сформулированные Кеплером законы значительно подняли престиж системы Коперника, поскольку одним ударом были сметены все античные «круговые построения», которых еще придерживалась система Коперника. Таким образом, Кеплер одним ударом сокрушил обе старые догмы: круговую орбиту и равномерность движения планет.

Оба закона были изложены в объемистом труде под названием «Новая астрономия», который, однако, не предназначался к опубликованию, поскольку был вы-

полнен по велению императора. Появлением этого труда в печатном виде мы обязаны тому обстоятельству, что император не оплатил задаток, выданный Кеплером печатнику. Итак, эта поистине пионерская работа вышла в свет в 1609 г. малым тиражом без указания издательства и издателя. Сегодня немногие оставшиеся экземпляры первого издания «Новой астрономии» хранятся в ряде музеев и библиотек мира как бесценные сокровища.

Сам Кеплер как ребенок радовался успеху, которого он достиг в результате столь длительных усилий. Своей книге Кеплер предпослал богатое пышными сравнениями предисловие, посвященное императору Рудольфу II, где именует планету Марс «высокородной заключенной», которую он препровождает к «лобному месту». Здесь же Кеплер дает высокую оценку работе Тихо Браге как наблюдателя.

## На пороге небесной механики

Обширные познания Кеплера — плод не только его гениальной интуиции, огромного прилежания и многолетнего труда. Не менее важно, что в своих исследованиях он строго придерживался ряда определенных принципов, которые заложили основу его успехов.

Во-первых, Кеплер с самого начала был непоколебимым коперниканцем. У него не возникало ни малейшего сомнения в правильности учения Коперника.

Он говорил, что астрономия Коперника (*Astronomia Copernicana*) — «самое мудрое и самое лаконичное из всех произведений ума, которое можно обозначить 21 буквой».

Во-вторых, вопреки господствовавшему тогда мнению, Кеплер считал опыт (а в астрономии — наблюдение) высшим судьей, исходным и конечным пунктом исследования. А отсюда неизбежно следовала его неподвластность утвердившимся авторитетным мнениям и взглядам. Кеплер полагал, что естествознание должно быть абсолютно независимо, в том числе и от учения церкви. «Хотя святой Лактанций, — писал он в «Новой астрономии», — отрицал шаровидность Земли, святой Августин соглашался с шаровидностью Земли, но отрицал антиподов; святым является также сегодняшнее официальное мнение, признаю-

щее малость Земли, но отрицающее ее движение. Но для меня более священной является истина, и я при всем своем почтении к отцам церкви, научно доказываю, что Земля круглая, кругом населена антиподами, незначительна и мала и летит через созвездия»<sup>1</sup>.

И наконец, третье. У Кеплера на устах всегда был вопрос, который мало волновал его современников: почему? Законы движения планет, установленные им, побуждали Кеплера поставить вопрос о причинах наблюдаемой закономерности. Уже сама по себе постановка такого вопроса означала гигантский шаг в неизведанное. значение которого превышало даже само открытие названных законов. Стремление Кеплера перейти от простого описания орбит планет к причинам движения означало, по его собственным словам, «преобразование» «небесной теологии» и «небесной метафизики Аристотеля» в «небесную философию или небесную физику». Неслучайно «Новая астрономия» имеет подзаголовок «Физика неба...». Кеплер четко понимал, что о действительном «преобразовании» можно будет говорить лишь тогда, когда небесная кинематика окажется на одном уровне с небесной динамикой.

Во времена средневековья считалось, что планеты жестко укреплены на сферах (Кеплер в своей «Космографической тайне» также еще придерживался этого взгляда). Планетные сферы в свою очередь должны были быть связанными с так называемыми «движущими душами», которые управляли движением планет. В этом еще чувствуется анималистический подход к пониманию природы. Одну из немногих попыток объяснить движение небесных тел с позиций механики мы встречаем в XIV в. у так называемых парижских терминистов. Они объясняют непрерывное движение небесных тел посредством *impetus* — начального толчка, который был произведен единожды при сотворении мира. В таком случае непрерывное воздействие «движущих душ» оказывается излишним. *Impetus* (внутреннюю движущую способность тела), таким образом, можно рассматривать как понятие, непосредственно предшествующее понятию «импульс» в современной механике. В этом смысле введение по-

<sup>1</sup> Цитируется по книге «Жизнь науки». — М.: Наука, 1973, с. 60-61.



Титульный лист из «Атласа неба» Д Doppelmayr. Изображены фигуры Птолемея, Коперника, Кеплера и Браге.

ная *impetus* небесных тел означало заметный шаг к созданию небесной физики. Однако долгое время отсутствовал эмпирический материал, который позволил бы придать этому предположению более прочный статус, чем просто гипотезы.

В «Новой астрономии» в отличие от «Космографической тайны» планеты уже «не прикрепляются» к сферам, а рассматриваются как тела, свободно движущиеся в пространстве. В формировании у Кеплера этого смелого и логически всеобщего представления немалую роль сыграло измерение параллакса кометы 1577 года, выполненное Тихо Браге; оно, безусловно, помогло Кеплеру прийти к убеждению, что не существует никаких планетных сфер.

В «Новой астрономии» Кеплер ведет нас к конечному результату захватывающими дорогами исследований. Книга повествует нам и о трудном пути, пройденном ученым, и об особенностях его способа мышления. Так, например, Кеплер задумывается над вопросом: каким образом некий

возможный «двигатель», поддерживающий движение, может еще и обеспечивать круговую траекторию планеты, которая никак «не закреплена» в пространстве? Отвечая на этот вопрос, Кеплер исходит из того, что круг есть геометрическое место точек, равноудаленных от центральной точки, но вводит при этом существенное дополнение: «... и пришлось бы от этих движущих способностей требовать небывалого совершенства, так как он (т.е. круг.— *Авт.*) даже для самого бога есть не что иное, как то, что сказано выше». Движущие силы, какова бы ни была их природа, всегда должны опираться на объективные законы, в данном случае — на законы геометрии. В конце концов Кеплер высказывает сомнение в существовании движущих сил. Он делает попытку объяснить, почему скорость движения планеты по орбите тем меньше, чем дальше она находится от Солнца. Из этого факта вытекала альтернатива: «... либо движущие силы душ (планет) тем слабее, чем больше они удалены от Солнца, либо существует лишь одна «движущая душа» в центре всех орбит, т.е. в Солнце, которая тем сильнее воздействует на тело, чем ближе оно к ней нахо-



дится, но при очень большом удалении тела в силу увеличения расстояния и (связанного с этим) ослабления двигательной способности становится, наконец, бессильной».

В дополнении к вышедшему в 1631 г. второму изданию «Космографической тайны» Кеплер высказывает уже иные воззрения: «Если вместо души (*anima*) поставим слово сила (*vis*), то получим именно тот принцип, на котором строится физика неба в «Новой астрономии». Действительно, в этой работе Кеплер совершает решительный переход от анималистического подхода к механистическому. Может показаться, что все дело сводится к введению понятия «сила» вместо понятия «душа», однако на самом деле этот новый термин выражает нечто гораздо более существенное: планеты подчиняются тем же законам, что и неодушевленные тела, т.е. законам механики.

Кеплер этим не удовлетворился. Он

Системы мира по Копернику (слева) и Риччиоли — весы как символ борьбы за научную истину.



предпринимает попытку объяснить, как происходит движение планет под влиянием этой силы и какова ее природа. При этом он принимает, что движущая сила распространяется в пространстве подобно свету, но в отличие от света, который поглощается в пространстве, движущая сила остается неизменной.

«Нематериальная субстанция», исходящая от Солнца, как бы «увлекает» за собой планеты. Правда, для этого требовалось, чтобы Солнце вращалось. Кеплер без колебаний делает подобное заключение, хотя в те времена мысль о вращении Солнца представлялась странной.

Большое влияние на Кеплера в период разработки им концепций силы оказала книга английского естествоиспытателя Вильяма Гилберта (1544–1603) «О магнитах», опубликованная в 1600 г. в Лондоне. Прежде всего на Кеплера произвел впечатление ярко выраженный эмпирический подход, характерный для этого произведения. Гилберт провозглашал в своем труде ту плодотворную методическую основу, на которую позднее опирались родоначальники современного естествознания — Бэкон и Галилей: он критиковал умозрительный подход Аристотеля и предлагал ставить во главу угла изучение природы посредством эксперимента.

В своей книге Гилберт утверждает, что притяжение магнита и магнитных тел есть явление взаимное и что в той же мере это относится к Земле и ее магнитным свойствам. Он отверг прежнее представление о том, что причину ориентации магнитной стрелки следует искать в математической точке на небе (в созвездии Большой Медведицы), и говорил о телах как местах приложения сил. Поскольку небесное тело было определено Гилбертом как место приложения магнитных сил Земли, Кеплеру представлялось вполне допустимым — даже почти неизбежным, — что Солнце также следует рассматривать как магнитное тело, из которого исходит поток «магнитной субстанции». Еще задолго до появления «Новой астрономии» он высказывал эти мысли в письмах.

Разумеется, тогда было чрезвычайно трудно точно сформулировать закон уменьшения воздействия «магнитной субстанции» с расстоянием, а поскольку плотность «субстанции» падает обратно пропорционально расстоянию до планеты, то

отсюда, считал Кеплер, можно вывести теорему площадей.

Итак, Кеплер вплотную подошел к небесной механике. Его глубокие и обоснованные суждения указывали путь, который в конце концов привел к созданию и становлению небесной механики. В «Новой астрономии» Кеплер определяет физику как дисциплину, охватывающую и связывающую в равной мере небо и землю. Появление в 1609 г. этого труда полностью и окончательно определяет направление его дальнейших исследований.

Каково же в те времена было отношение к учению Коперника?

## Еретик

По мере того как на базе учения Коперника постепенно формировалось новое мировоззрение, католическая церковь реагировала на это с всевозрастающим раздражением и, наконец, стала активно сопротивляться всеми доступными ей средствами. Во времена Кеплера разгорелась ожесточенная борьба между реакционными клерикалами и прогрессивными представителями естествознания. Два современника Кеплера испытали на себе, что значит отстаивать и пытаться распространять учение, несовместимое с церковными догмами. Это были Джордано Бруно и Галилео Галилей.

Джордано Бруно (1548—1600) еще в свою бытность монахом ордена доминиканцев стал активным приверженцем взглядов Коперника и Николая Кузанского. Представления Кузанского о Вселенной, бесконечной в пространстве и во времени, и гелиоцентрическая система Коперника слились у Бруно в пантеистическо-материалистическую картину мира, которую он открыто излагал и мужественно защищал. Бруно не было еще 30 лет, когда его в первый раз обвинили в ереси, и ему пришлось бежать из монастыря. С того дня он сделался вечным странником. Бруно исколесил всю Европу, расширял и углублял свои знания в знаменитых университетах Оксфорда, Марбурга, Виттенберга, Гельмштадта, Праги и Парижа. Разумеется, феодальные и церковные власти не могли поощрять его борьбу за учение Коперника, тем более что он пропагандировал не просто учение Коперника, но

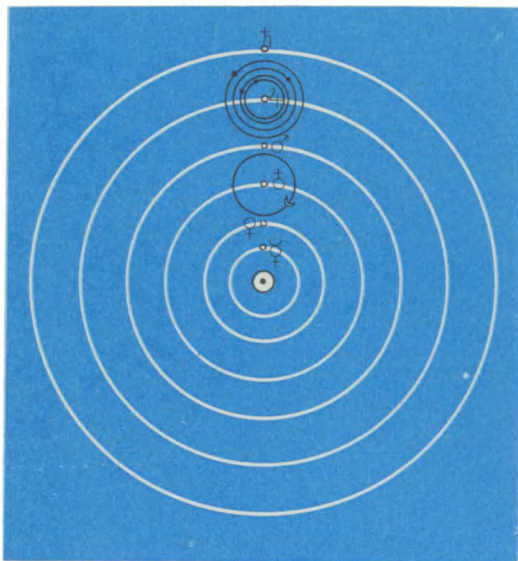


Джордано Бруно.

и философские выводы, сделанные им из гелиоцентрической картины мира; Бруно подвергал также резкой критике существующие общественные отношения.

Наиболее четкое выражение прогрессивные воззрения Бруно нашли в его труде «О бесконечности, вселенной и мире» (*De l'infinito Universo et Mondi*), изданном в 1584 г. в Лондоне. Бруно излагал свои мысли в очень распространенной тогда форме диалога. Однако при этом он не следовал традиции, которая требовала, чтобы аргументы «за» и «против» вкладывались в уста собеседников, выражавших различные мнения, и чтобы в конце концов участники спора в целом приходили к единому убеждению.

До Бруно никто не пытался оценить последствия, вытекающие из работ Кузанского и Коперника, и столь решительно и доходчиво их изложить. Бруно представлял мир как безграничное пространство, наполненное бесконечным множеством звезд. Солнце, которое, по Копернику, еще находится в центре мироздания, у Бруно является лишь одним из бесчисленных солнц и как следствие этого Вселенная не имеет центра. По мнению Бруно, у Вселенной столько же центров, сколько звезд, т. е.



Планетная система Коперника, уточненная после открытия Галилеем спутников Юпитера.

бесконечно много. Солнце есть центр, «имеющий отношение только к определенным телам», а именно к окружающим его планетам. Бруно отождествляет бога (*natura naturans*) с природой (*natura naturata*), и поэтому у него и не возникает вопроса о сотворении мира.

Все звезды Вселенной должны состоять из одного и того же вещества, которое почти не изменяется и, уж во всяком случае, не может исчезнуть. Звезды, как и планеты Солнечной системы, движутся в пространстве свободно без помощи устройств типа аристотелевых сфер, следуя «внутреннему принципу».

В заключение, когда участники дискуссии с воодушевлением соглашались с изложенными идеями, Бруно в своеобразной форме подводит итог, заклиная святого Альбертино: «Продолжай учить нас, что есть в действительности небо, планеты и все другие звезды..., что бесконечное пространство не только возможно, но и необходимо... Устрани представление о нашей Земле, как о единственном мировом центре... Подари нам учение о составе нашей Земли и нашего мира и всех других звезд и миров... Укажи нам путь, на котором мы сможем постичь неотличимость наших звезд ото всех других. Покажи нам, что другие миры могут существовать в эфире так же, как наш. Объясни нам, что движе-

ние всех миров происходит под действием внутренних сил, чтобы мы в свете таких взглядов смогли сделать верный шаг к познанию природы».

Эта ясная и решительная пантеистическо-материалистическая точка зрения далеко не исчерпывала существа взглядов, пропагандируемых доминиканским монахом, сбросившим с себя оковы церковных догм. Из-под его пера вышли сочинения, где он яростно высмеивал церковных догматиков. В рукописной работе «Изгнание торжествующего зверя» Бруно с невероятной резкостью бичует папу и его окружение — носителей догм. Бруно ненавидел господствующее духовенство, а оно в свою очередь ненавидело и боялось его.

В 1591 г. Бруно прибыл в Венецию, где был схвачен инквизицией и предстал перед ее судом. Спустя два года его доставили в Рим, где он 7 лет провел в заключении до вынесения приговора — смерть на костре. Но дух его остался несломленным, и бесстрашный философ бросил судьям в лицо: «Вы произносите мне приговор с большим страхом, чем я его выслушиваю».

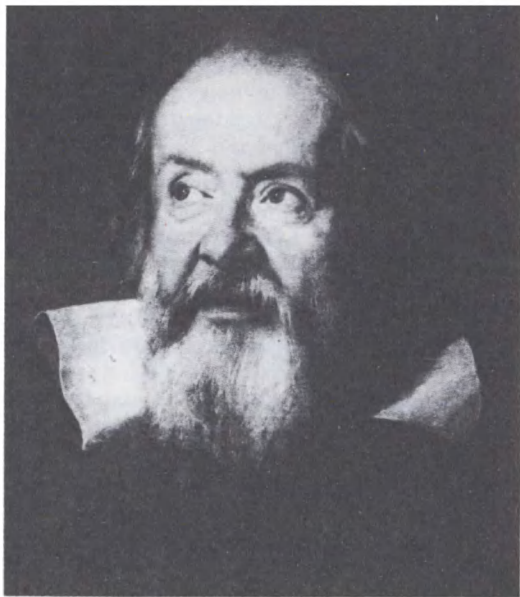
17 февраля 1600 г. жестокий приговор был приведен в исполнение — Джордано Бруно умер мучительной смертью в огне костра, разведенного на площади Цветов. Без сомнения господствующая реакция этим приговором хотела показать, что ожидает подобных еретиков.

Но брожение умов уже ничем нельзя было остановить, и «естествознание, развивавшееся в атмосфере этой революции, было насквозь революционным», как писал Энгельс в «Диалектике природы».

## Конфликт разума и силы

Одной из выдающихся фигур эпохи зарождения современного естествознания был Галилео Галилей (1564—1642). По своему мировоззрению он в основном весьма близок Кеплеру. Галилей являлся убежденным сторонником системы мира Коперника и отстаивал решающую роль эксперимента в естествознании, видя в нем прямой путь познания человеком природы. Галилей, подобно Кеплеру, много и плодотворно занимался математикой, что и обусловило его выдающиеся достижения в области физики. Учение Коперника, слов-





Галилео Галилей.

но некая программа, определяет научные устремления Галилея: все его исследования в конечном счете были подчинены одной цели — доказать, что учение Коперника отнюдь не чисто математическое построение, как утверждал Оссиандер, а отражение реального строения окружающего мира.

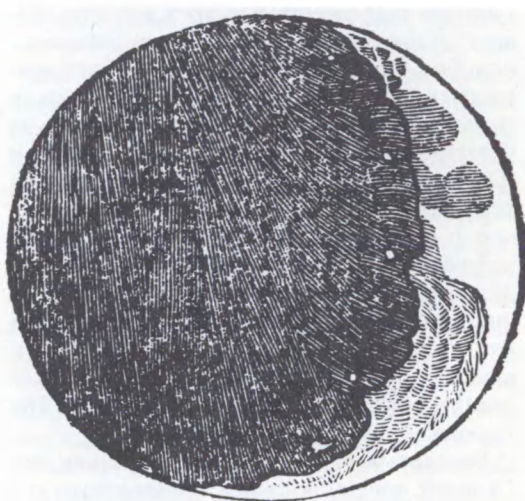
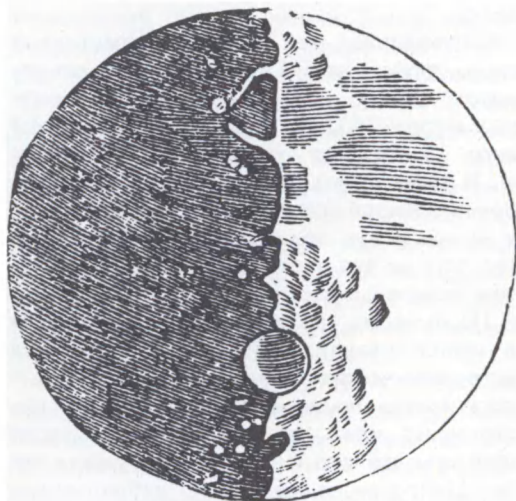
Исследования Галилея в области меха-

Такой Галилей увидел Луну в свой телескоп. Неровная линия границы между затененной и освещенной частями свидетельствует о наличии долин и гор.

ники прежде всего касались старых и весьма значительных проблем статики и динамики. Здесь он добился значительных успехов, потому что, опираясь на принципы кинематики, акцентировал внимание не на причинах явлений, а путем длительных и кропотливых опытов исследовал их точное течение. Галилей, опровергнув воззрения своих предшественников времен средневековья, установил закон свободного падения — ныне столь привычный для нас.

В своих исследованиях он также вплотную подошел к открытию закона инерции, гласящему, что тело остается в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока на него не действуют другие силы. В начале XVII в. (около 1609 г.) в Голландии начинают входить в употребление первые зрительные трубы. Дети одного шлифовальщика стекол, играя как-то стеклянными линзами, случайно обнаружили, что в определенной комбинации линзы увеличивают предметы. Узнав об этой новости, Галилей сразу же занялся конструированием зрительных труб. Направляя их на наземные предметы, он, например, установил, что с помощью телескопа можно гораздо раньше, чем невооруженным глазом, заметить приближение вражеских военных кораблей. Но дело этим не ограничивалось. Усовершенствовав созданный им телескоп, Галилей обратил его к небесам и обнаружил там нечто, имевшее чрезвычайно большое значение для дальнейшего развития науки.

Редко кому удавалось за столь короткое время (с осени 1604 г. до весны 1610 г.) сде-



лать так много выдающихся открытий, сколько пришлось на долю Галилея. Рассматривая в телескоп Луну, он обнаружил там горы и долины, «горные гребни, излучающие свет» и обширные темные, очевидно, лежащие ниже равнины. Наблюдения тонкой светящейся кисеи Млечного Пути подтвердили предположение Демокрита, насчитывающее уже более 1000 лет: «Куда бы мы ни направили зрительную трубу, нашему взгляду везде должно представляться огромное количество звезд, из которых довольно многие достаточно велики и просто должны бросаться в глаза». Обнаруженные в телескоп отдельные детали структуры Млечного Пути срывали первые покровы таинственности с этого объекта, указывали на его облачное строение и даже выявляли «туманные звезды», имеющие вид отдельных светящихся объектов. Это были первые попытки наблюдений, которые легли в основу развития науки в последующие столетия.

Однако наиболее важное открытие Галилей сделал ночью 7 января 1610 г., когда он направил свой инструмент на Юпитер: «Поскольку я построил превосходную зрительную трубу, я заметил... рядом с ним три малые звезды, именно малые, но очень отчетливые. Хотя я принимал их за неподвижные звезды, они меня очень удивили, поскольку располагались точно по одной прямой, параллельной эклиптике, и были светлее, чем остальные звезды, которые не отличались от них по величине». Но более точное наблюдение вскоре показало, что речь здесь идет не о неподвижных звездах, ибо они двигались. Через четверо суток Галилей был уже твердо убежден, что «вокруг Юпитера вращаются три планеты, подобно тому как Венера и Меркурий вращаются вокруг Солнца». Чтобы почтить своего покровителя Козимо Медичи из Флоренции, Галилей назвал спутники Юпитера «Медицейскими звездами». Более того, всем спутникам — а к ним добавились еще и четвертый, который в первый вечер наблюдений находился за планетой, — он дал имена членов семьи Медичи. Правда, ни одно из этих имен не прижилось; сегодня четыре светлые луны Юпитера называются по именам известных персонажей древнегреческой мифологии, а именно: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.

На первый взгляд может показаться, что Галилей пришел к своим грандиозным от-

крытиям, мгновенно принеся ему известность и почет, всего лишь благодаря своевременному открытию телескопа, поэтому они не стоили ему особых усилий и не заслуживают большого восхищения. Однако это совсем не так. Без сомнения на долю Галилея выпали открытия основополагающего характера, причем все это свершилось за очень короткое время. Огромной заслугой Галилея, достойной всяческого уважения, следует считать применение нового инструмента для наблюдения неба и то, что он дал принципиально правильное толкование открытым явлениям.

Когда Галилей пожелал ознакомить со столь знаменательными и весьма удивительными фактами общественность, ответом было равнодушие.

Ученые-схоласты считали сомнительными знания о природе, полученные от самой природы, да к тому же посредством такого в высшей степени подозрительного, отдававшего шарлатанством инструмента, каким казался им телескоп. Одно только то, что предметы представляются в телескоп иными, чем видит их невооруженный глаз, — приводили они в качестве аргумента — доказывает, что оптическим линзам не следует доверять. Нужно ли удивляться тому, что схоласты средневековья считали гораздо более весомым доказательством чисто формальные рассуждения о принципиальной возможности явлений, открытых Галилеем, чем один взгляд в телескоп. Они объявили этот инструмент ненадежным лишь по той причине, что полученные с его помощью результаты нельзя использовать для подтверждения учения Аристотеля.

Символично, что один из участников спора, описанного Галилеем в его знаменитом «Диалоге о двух главнейших системах мира» (1632 г.), объясняет причину такого отношения следующим образом: «... Я тоже до сих пор не слишком доверял нововведенной зрительной трубе, напротив, я полагал, что то, чем восхищаются другие, есть не что иное, как оптические иллюзии, порождаемые линзами».

Несомненно, Галилей явился пионером в использовании зрительной трубы для астрономических наблюдений. В первые десятилетия после изобретения этого инструмента едва ли можно найти другие примеры его применения для изучения неба. Напротив, в наземных наблюдениях,

особенно в военном деле, зрительная труба сразу же стала играть заметную роль. Здесь, вероятно, вполне «доверяли» обманчивым линзам, потому что военное превосходство, разумеется, значило для власти имущих гораздо больше, чем какие-то сомнения в канонизированном учении Аристотеля.

Галилей поначалу был настроен оптимистически. Он верил, что новые доказательства вытеснят старые идеи, и картина мира Коперника восторжествует. Так, обнаружив пятна на Солнце, он торжествовал: «Новые открытия—это погрешный звон или, во всяком случае, первый суд над псевдофилософией, так как уже обнаружены некоторые детали на поверхностях Луны и Солнца. Я не вижу, как еще можно спасти и уберечь принцип неизменности неба».

Результаты наблюдений Галилей, не мешкая, опубликовал в «Звездном вестнике» (*Nuncius Siderius*)—своего рода экспресс-информации. Однако его вера в силу разума потерпела крах. Он так и не сумел, как того хотел, «настроить трубы огромного расстроенного органа философии». Господствующая реакция почувствовала себя уязвленной, хотя ученые Римской курии официально признали его открытия, но не выводы, сделанные из них. Мнение Галилея, что учение Коперника можно вполне согласовать со святым учением, если не принимать библейское описание природы слишком буквально, побудило реакцию к действию.

В 1616 г. в Риме конгрегация из 11 доминиканцев и иезуитов устроила процесс, направленный против учения Коперника. А в проповеди с амвона церкви святой Марии во Флоренции доминиканец Томассо Кассини обрушился не только на учение Коперника, но и на Галилея, называя его еретиком; он заявил, что математики вообще подозрительные люди, а сама математика—это творение дьявола. Галилей приехал в Рим, чтобы там изложить свои воззрения, но ему пришлось выслушать строгие нравоучения от кардинала Барберини, который потребовал, чтобы Галилей отказался от своих взглядов.

По приговору экспертов Священного трибунала учение Коперника, которое проповедовал Галилей, было признано безумным и абсурдным с точки зрения философии и абсолютно еретическим. 3 марта

1616 г., когда трибунал собрался вновь, Барберини сообщил, что математик Галилео Галилей, который до сих пор высказывал мнение, что Солнце является центром небесной сферы и неподвижно, а Земля, напротив, движется, внял увещаниям и отказался от него (своего мнения), и кардинал «этим умиротворен». Такая формулировка была записана в протоколе, отражавшем ход процесса, но примечательно, что этот протокол никем не был подписан и до сих пор не доказано, что сам Галилей вообще его признал.

Вероятно, действительные события не совсем соответствовали протоколу. Скорее всего он является фальсификацией. Однако сам факт, что для запрещения труда Коперника понадобилось двухдневное заседание, говорит о том, насколько поколебалось положение церкви. В 1616 г. книга «Об обращениях небесных сфер» попала в «Индекс»—список запрещенных книг.

Галилея недвусмысленно предупредили, но он по-прежнему был одержим своими идеями, доказывающими реальность системы Коперника.

Через некоторое время Барберини—кардинал и глава инквизиции—стал папой. Как выходец из купеческой семьи он проявлял определенный интерес к естествознанию, отдавая должное исследованиям Галилея. Но как папа Урбан VIII он был выразителем интересов святой римской церкви, положение которой было тогда не из лучших. Ей не удалось добиться абсолютного господства в Италии: Венецианская республика, князья Северной Италии и император успешно сопротивлялись устремлениям церкви. Политика сближения с Францией еще более подорвала значение папства, так как Франция под влиянием Ришелье выступала как против Испании, так и против Италии—«Святой Римской империи германской нации», т.е. против обеих католических держав. Удивительно, что Урбан VIII все же устоял против попыток Галилея склонить его к отмене декрета 1616 г.—ведь политическая и идеологическая позиции клерикальной власти отовсюду подвергались весьма энергичным нападкам.

Тем временем Галилей создает свой «Диалог о двух главнейших системах мира», где выдвигает возражения против аргументов приверженцев учения Птолемея и Аристотеля.





Небесный глобус Иоганнеса Янсониуса (Амстердам, 1623 г.).

Попытка Галилея примирить между собой теологию и естествознание вытекала из его глубоко религиозных убеждений. Но эта попытка привлечь доводы разума к толкованию Библии оказалась для него роковой. Через несколько месяцев после того как «Диалог» был напечатан во Флоренции, из Рима поступил приказ немедленно прекратить его продажу. По инициативе папы была создана комиссия, которая занялась новым произведением Галилея. Она пришла к выводу, что ученый не имел права его печатать. Галилея вызвали в Рим, где после четырех дней допроса и угрозы пыткой он отказался от своего учения. При этом судьи оперировали старым протоколом от 26 февраля 1616 г., ссылаясь на противоречие между ним и «Диалогом». А был ли это действительно тот старый протокол? Пошатнувшееся общественное положение церкви и папы теперь, как никогда, вынуждало их к жестокому образу действий. И судей Галилея, конечно, меньше всего интересовали какие-либо аргументы физического и астрономического характера, их задача заключалась лишь в том, чтобы любым путем поддержать пошатнувшуюся власть церкви. Для этого требовался новый впечатляющий пример, и здесь все средства были хороши. Весьма возможно, что протокол, сыгравший роковую роль в процессе 1633 г., вообще был написан лишь в 1632 г.

Как бы то ни было, Галилей был вынужден покориться власти, дать позорную клятву «с искренним сердцем и непритворной верой отвергать заблуждения и ересь», в которых он будто бы виновен. Маловероятно, что сразу после церемонии клятвоприношения Галилей произнес свое легендарное *Errur si muove* («И все-таки она вертится»), но, безусловно, это изречение отражало его мысли и твердое убеждение в правильности своих взглядов. Об этом свидетельствуют произведения, написанные им в последующие годы — под неусыпным наблюдением представителей инквизиции. Среди них были «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и падению тел» (1638 г.) — классическое произведение физики нового времени. В нем убедительно говорилось, что хотя вычисления и наблюдения Коперника не всегда были вполне удовлетворительными, но Аристотель

и Птолемей заблуждались гораздо в большей степени. Умер Галилей 8 января 1642 г.

«Звездный вестник» Галилея широко распространился в Европе, достиг он и двора императора Рудольфа, а следовательно, и Кеплера. Математику предстояло оценить его достоинства. Разумеется, заключение Кеплера было диаметрально противоположно мнению церковников. В своем — очень быстро написанном — трактате «Беседа посредством «Звездного вестника» (*Dissertatio cum Nuncio Siderio*, Прага, 1610 г.) он подчеркивал огромное значение наблюдений с помощью телескопа для дальнейшего развития астрономии. В «Диоптрике», появившейся годом позже, Кеплер произносит такие восторженные слова: «О ты, многознающая зрительная труба, более ценная, чем какой-то скипетр! Кто имеет право обладать тобой, тот не подвластен ни королевским, ни господским, а только божественным законам!»

Кеплер чрезвычайно высоко оценивал значение телескопа, а полученные с его помощью результаты рассматривал как подлинную сокровищницу знаний; это во многом объясняется тем, что он еще в 1604 г. (год изобретения зрительной трубы) впервые выдвинул в своей работе «Астрономия и оптика» достаточно обоснованную гипотезу о возможности приложения оптики к астрономии. Поэтому совершенно естественно, что, после того как зрительная труба окончательно завоевала себе право на жизнь, он разработал фундаментальную теорию наземной и астрономической трубы.

Кеплер, конечно, нуждался в подтверждении собственной интерпретации первых наблюдений с помощью телескопа. Поэтому «Звездный вестник» Галилея он встретил восторженно. Особенно обрадовало Кеплера рассуждение Галилея о «земном» характере Луны, так как это хорошо согласовывалось с его гипотезой притяжения тел.

Правда, преследования, жертвой которых уже стал Джордано Бруно и которым все сильнее подвергался Галилей, вынуждали Кеплера быть очень осмотрительным. Когда в 1617 г., т. е. через год после первого суда инквизиции над Галилеем, Кеплера пытались вызвать в Болонью, он ответил решительным отказом, заявив, что не собирается подвергаться

оскорблениям со стороны разных донощиков. После смерти Рудольфа II, потеряв работу в Праге, Кеплер поселяется в австрийском протестантском городке Линце. Здесь ему было поручено создать подробную топографическую карту Австрии, что не вызывало у Кеплера никакого энтузиазма. Гораздо больше привлекала его работа над новой интересной проблемой. Он всецело был поглощен работой над книгой. Уже само ее название — «Гармония мира» (*Harmonices Mundi*) — указывает на то, что Кеплер пытается объединить все природные процессы в стройное целое, получить числовые соотношения, лежащие в основе этих процессов.

Ему, наконец, удается сделать самое значительное открытие его жизни — он находит зависимость между расстояниями планет от Солнца и периодами их орбитального движения, зависимость, которую он стремился постигнуть десятилетиями. Кеплер установил, что квадраты периодов обращения планет относятся как третьи степени больших полуосей их орбит. В этом заключается суть так называемого третьего закона Кеплера.

Чтобы по достоинству оценить кеплеровскую «Гармонию мира», необходимо учесть обстановку того времени, которая была крайне неблагоприятна для спокойной научной работы: Кеплер закончил свой труд буквально накануне Тридцатилетней войны (через 4 дня после Пражских волнений). Осенью того же года — «тщетно бог войны ворчал и рычал» — «Гармония Мира» вышла в свет.

К тому же периоду относится еще одно произведение Кеплера, в котором явно ощущается желание автора открыть всем людям путь к плодам научных исследований. Подобное стремление отнюдь не ново для него. Еще в 1610 г. Кеплер написал «Лунную астрономию», где смело предвосхищал путешествие людей на Луну и описывал явления, которые откроются в лунном небе находящемуся на лунной поверхности наблюдателю. Эта интересная работа вышла лишь после смерти Кеплера под названием «Сон». В популярном руководстве «Сокращение коперниковой астрономии» (*Epitome Astronomiae Copernicanae*) Кеплер раскрывает гораздо больший круг вопросов, чем это можно предположить, исходя из названия труда, в частности, он в очень доходчивой форме излагает свою

«Новую астрономию». Еще до того, как «Сокращение коперниковой астрономии» было полностью издано, Римская церковь уже занесла его в «Индекс запрещенных книг», где он оказался в весьма завидном «обществе». Реакция Кеплера была очень остроумной и одновременно бескомпромиссной: он рекомендовал церковникам подумать о том, «распространять ли безмерную славу божественных творений среди народа, или... их следует запретить». Кеплер рассматривал это запрещение как меру, которая противоречила собственным интересам церкви. Тем самым Кеплер раскрыв политическую и философскую подоплеку догматических установок католической церкви, и развенчал птолемееву картину мира, по-прежнему сильно тормозившую научный прогресс.

## Практическое руководство по планетам

С первых лет службы при дворе императора Рудольфа II Кеплер в течение длительного времени занимался составлением так называемых «Рудольфовых таблиц». Он не раз бросал эту утомительную, чисто расчетную работу, которая приносила ему мало радости и надолго отрывала от основного творчества, а потом снова возвращался к ней. Наконец, к 1625 г. были обработаны все результаты Тихо Браге по наблюдению планет, и рукопись «Рудольфовых таблиц» была закончена.

Несмотря на указание императора отпечатать «Таблицы», война задержала их выпуск. Неприятельские солдаты, проходя через Линц, изыали все «еретические» книги из библиотеки Кеплера; Кеплеру же оставалось только радоваться тому, что его, подобно другим протестантам, не выслали из страны. Когда же в Линце разразилось крестьянское восстание, о печатании «Таблиц» вообще уже нечего было думать, и тогда с разрешения императора Кеплер вместе с семьей и своим немудреным скарбом отправился в поисках убежища в Ульм. Там-то и вышло последнее крупное произведение Кеплера.

К 1627 г. работа еще не была завершена, потому что наследники Тихо Браге внезапно стали настаивать на своем варианте посвящения императору, мотивируя это требование тем, что в основе таблиц лежали



измерения Тихо. Наконец, в начале 1628 г. Кеплер, добавив в виде приложения текст посвящения, представленный наследниками Тихо, передал свое произведение в Праге новому императору Фердинанду.

«Рудольфовы таблицы» на протяжении столетий служили основой для достаточно точных вычислений положений планет. Эти таблицы были большим подспорьем при астрономических исследованиях, а также использовались для практических целей ориентировки на море и суше и геодезических измерений.

Однако для самого Кеплера окончание этой работы породило новую серьезную проблему: задание императора было выполнено, а новых поручений не предвиделось. Император настаивал на переходе Кеплера в католичество, но тот ответил отказом. С 1628 г. Кеплер служил в качестве астролога у имперского полководца Валленштейна в Загане, что тем не менее не изменило его бедственного положения, к тому же Валленштейн в 1630 г. был отстранен от должности. В надежде получить плату за составление таблиц 59-летний исследователь отправился в тяжелое путешествие из Загана в Регенсбург, длившееся несколько недель. 5 ноября Кеплер прибыл на место измученный и совершенно больной. Спустя 10 дней, 15 ноября 1630 г., он умер.

## Завещание Кеплера

В чем же видел Кеплер конечную цель научных исследований? Рассматривал ли он их как некий оторванный от жизни поиск истины? Думается, Кеплер заботился при этом не о собственной личности как ученого, а об использовании результатов научной работы на благо людей. И все работы, вышедшие из-под пера Кеплера, являют собой прежде всего пример самоотверженного служения человечеству.

Однажды, когда Кеплер покупал в Линце вино, его поразило, как своеобразно виноторговец определял вместимость сосуда: в сосуд любой формы он опускал особую измерительную трубку и по отметке на ней «отсчитывал» объем жидкости. Эти наблюдения побудили Кеплера подробно рассмотреть проблему вычисления объемов сосудов. В результате возник труд «О стереометрии винных бочек...», в котором Ке-

плер, развивая идеи Архимеда, создал математический метод, содержащий в себе зачатки интегрального исчисления. Кеплера интересовали и другие практические вопросы: так, он изобрел шестеренчатый насос для откачки воды из подземных выработок, предложил вспомогательные средства для геодезических работ, разработал теорию очков и т.д. Он неоднократно подчеркивал практическое значение математики, скрывающей в своих недрах «неисчерпаемое сокровище, которое предстоит обнаружить путем прилежных поисков в более широком масштабе». Науки же, по мнению Кеплера, могли бы служить морально-этическому развитию людей.

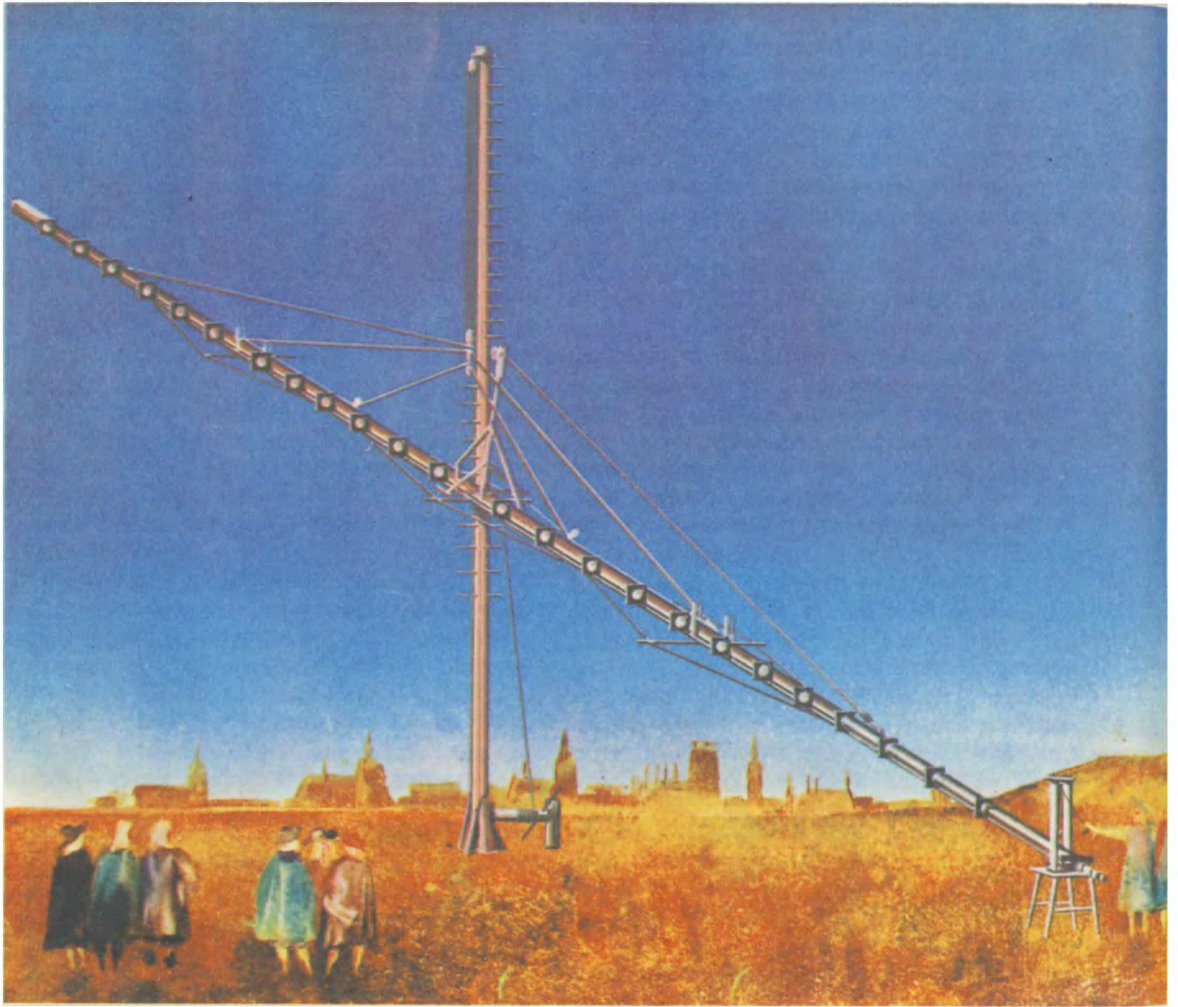
Появление трудов Иоганна Кеплера ознаменовало собой начало нового периода в естествознании. Будучи глубоко религиозным, Кеплер тем не менее упорно шел по намеченному Коперником пути борьбы научной астрономии с теологией. В естественнонаучных исследованиях — провозглашал он — действуют доводы разума, а не авторитеты, как в теологии.

И этого принципа Кеплер неуклонно придерживался всю свою жизнь.

Однажды в Линце высшие власти захотели узнать его мнение относительно нового Грегорианского календаря, который уже был введен в католических государствах, тогда как в протестантских странах его по-прежнему считали «исчадием римского антихриста». Кеплер смело выступил за новый календарь, вычисленный с использованием более точных астрономических данных и благодаря этому свободный от многих недостатков старого.

## В поисках «мирового закона»

Было бы слишком упрощенно считать, что открытые Кеплером законы движения планет легко как нечто само собой разумеющееся стали основой небесной механики. Труды Кеплера, как и произведения Коперника, прошли долгий и трудный путь, прежде чем их признали в ученом мире. О бурных аплодисментах не могло быть и речи. Даже Галилей, благодаря своим исследованиям в механике внесший существенный вклад в развитие небесной динамики и столь энергично боровшийся за всеобщее признание коперниковой системы, полностью игнорировал законы Ке-



Большой телескоп Яна Гевелия перед воротами Данцига (примерно 1650 г.).

плера, хотя уж он-то должен был оценить их значение. Что это значит? Может быть, недоверие? Но Галилей никогда даже не пытался проверить их правильность собственными наблюдениями. Кометы, с которых собственно началось крушение аристотелевой теории сфер, были для него только «обезьяньими планетами Тихо». Галилей оставался приверженцем старой теории комет, утверждавшей, что «хвостатые» звезды не являются небесными телами.

Другой ученый, чья биография началась, когда Кеплер закончил свой жизненный путь, — француз Исмаэль Буйо — без обиняков заявил, что законы Кеплера — это всего лишь гипотезы. Он, правда, признавал, что

они лучше других теорий отражают наблюдаемые движения планет, но это не исключает их гипотетического характера. Буйо, как и Галилей, был убежденным коперниканцем, но в отличие от Кеплера он шел иным путем. В своей объемистой книге «Язык астрономии» (*Astronomia Philolaica*), вышедшей в Париже в 1645 г., он говорил, что наука нуждается в новой гипотезе о движении планет, причем она должна базироваться не на кеплеровых законах, а исходить из принципа равномерного движения планет вокруг одного из фокусов эллипса.

Проблемы движения небесных тел не давали покоя и итальянскому врачу и астроному Джованни Альфонсо Борелли (1608–1679). Движение планет и обращение спутников Юпитера и Сатурна вокруг центральных планет натолкнуло его на мысль

о некоем естественном «стремлении» тел объединиться с центральным телом. Но этого не происходит, поскольку при движении любого тела по кривой возникает сила, направленная вовне (результат ее действия мы, в частности, можем видеть, наблюдая, как летит камень при отпускании прачи). Очевидно, планета может двигаться вокруг Солнца или сопровождающее планету малое тело – вокруг нее, только когда они находятся на некотором определенном расстоянии друг от друга, при котором силы, действующие на оба тела, равны – заключал Борелли.

Он пошел и дальше: рассмотрел случай, когда в какой-либо точке траектории «сила убегания» оказывается меньше «объединяющего стремления» и задался вопросом: «Что же тогда произойдет?» Очевидно, большая «объединяющая» сила начнет стягивать планеты к Солнцу, и это будет продолжаться до тех пор, пока обе силы вновь не сравняются. Скорость, с которой планета приближается к Солнцу, согласно закону инерции Галилея, должна оставаться постоянной. Итак, планета все ближе подходит к Солнцу, пока «сила убегания» не превысит силу притяжения. Тогда обязательно начинается обратный процесс: «сила убегания» постепенно выводит планету на большую орбиту, и после полного обо-

рота планета снова попадает в исходную точку, где начинается предполагаемый процесс стягивания. Борелли тем самым попытался объяснить эллиптические орбиты планет с помощью двух противодействующих друг другу сил, одна из которых создается Солнцем, а другая – орбитальным движением планет.

Сила тяжести и движение планет взаимосвязаны – это убеждение в конце концов восторжествовало.

Ряд опытов, призванных объяснить поступательное движение планет, предпринял также английский исследователь Роберт Гук (1635–1703). Он полагал, что причиной движения тел является магнетизм или электричество. А если так – рассуждал Гук, – то с увеличением высоты тела над поверхностью Земли сила должна уменьшаться. Позднее Гук попытался установить закон притяжения, исходя из наблюдаемого движения планет. Он полагал, что природу криволинейного движения нельзя объяснить начальным толчком, здесь должна постоянно действовать какая-то сила, которая, собственно, и порождает это криволинейное движение. Если бы такая сила исходила из центра движения, то движение тела можно было бы вычислить на основании законов механики.

В 1674 г. Гук, наконец, опубликовал работу, где попытался объяснить годичное движение Земли вокруг Солнца. В заключение этого довольно объемистого сочинения он снова остановился на причинах движения планет. Он изложил свои мысли в трех четко сформулированных, поражающих своей глубиной и необычностью положениях.

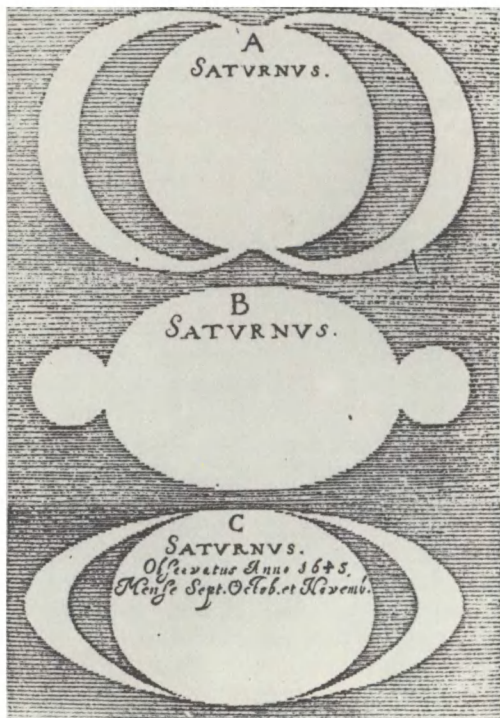
1. Все небесные тела обладают своим собственным центром притяжения, или гравитации, и, вообще говоря, они притягивают не только свои собственные части... Не только Солнце и Луна оказывают влияние на тела, в том числе и на вращение Земли (а они в свою очередь на них), но и Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн своим притяжением заметно воздействует на движение Земли; точно также соответствующее притяжение со стороны Земли влияет на каждую из них.

2. Все тела, начав однажды двигаться равномерно и прямолинейно, продолжают двигаться прямолинейно, пока действие другой силы не заставит их отклониться от своего пути, и тогда они будут вынуждены

Зарисовка лунной поверхности по Гевелию, который считается основоположником селенографии. Гевелий создал первую карту поверхности Луны.







Сатурн с кольцом (в представлении Гевелия).

описывать окружность, эллипс или какую-либо другую кривую.

3. Силы притяжения действуют тем активнее, чем ближе находится к центру притяжения тело, на которое они действуют. Правда, что касается степени этого увеличения, то пока еще не удалось определить ее экспериментально; однако, безусловно, этот обнаруженный факт, если его хорошо изучить, окажется чрезвычайно полезен астрономам, ибо позволит свести все небесные движения к одному закону, что вряд ли возможно при его игнорировании.

Определенной заслугой Гука следует также считать то, что не без его влияния сформировался ученый, который, наконец, решил поставленную проблему. Это был Исаак Ньютон (1643–1727) — одна из величайших фигур в естествознании.

В 1677 г. Гук был избран секретарем Королевского общества и одной из его обязанностей являлось издание научного журнала *Philosophical Transactions*. Среди прочих он обратился и к Ньютону с просьбой поддержать журнал публикацией своих научных трудов. Особенно интересовало Гук мнение Ньютона о его гипотезе движения небесных тел. Вместе с тем Гук

информировал Ньютона о новой попытке определить размеры Земли, предпринятой Ж. Пикаром, Дж. Д. Кассини, О. Рёмером и де ля Гиром. Именно это сообщение, возможно, побудило Ньютона активно заинтересоваться вопросами гравитации.

## Космический вихрь?

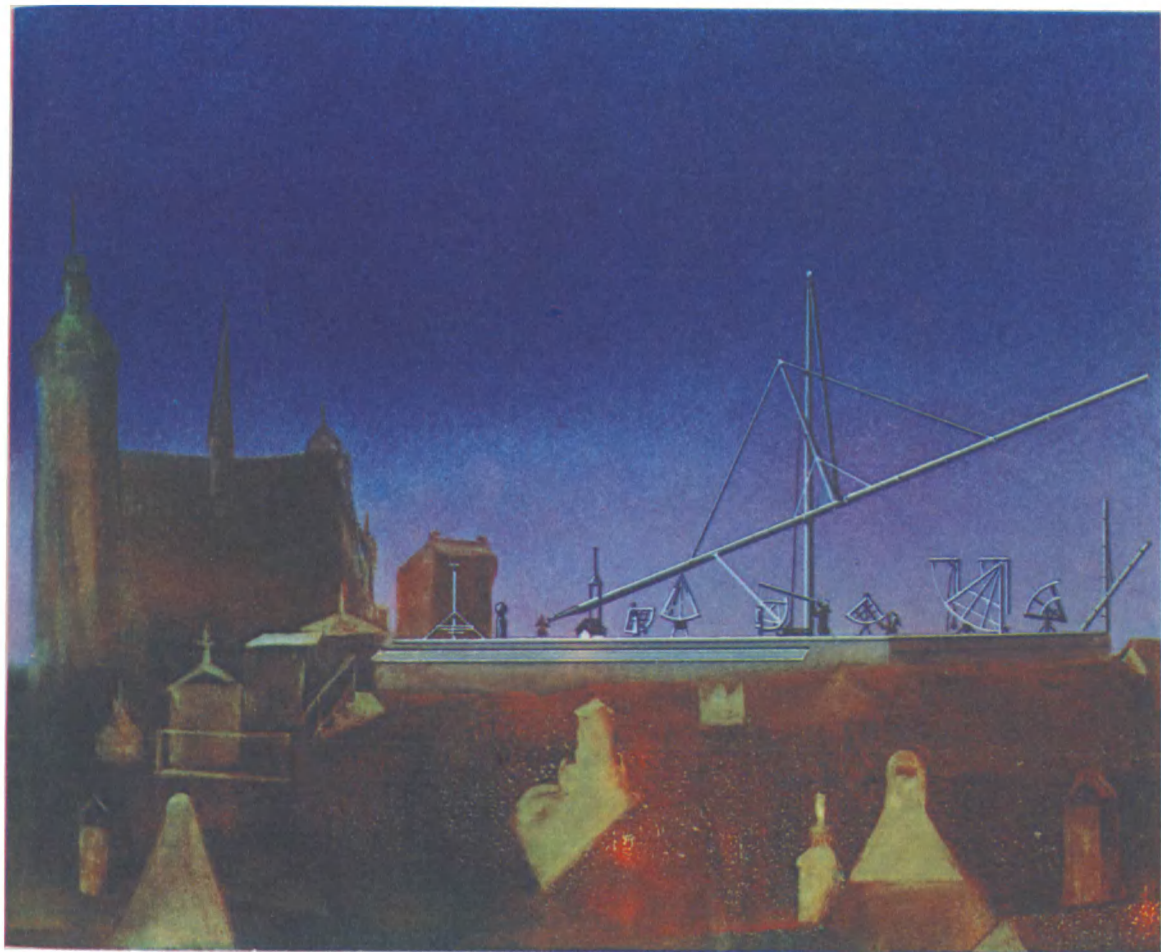
К числу выдающихся мыслителей, которые еще до Ньютона занимались проблемами тяготения и движения небесных тел, принадлежит знаменитый французский естествоиспытатель и философ Рене Декарт (1596–1650).

На формирование его философских и естественнонаучных взглядов, очевидно, оказала существенное влияние сама эпоха разложения феодального строя и зарождения новых, капиталистических отношений.

Декарт был страстным борцом против церковно-схоластической картины мира, усиленно поддерживаемой теологами и феодальной знатью. В преодолении средневековой схоластики он видел необходимую предпосылку свободного развития науки и удовлетворения практических потребностей общества. Заслуги Декарта не ограничивались одной философией, критическая направленность которой расшатывала догматы церкви и указывала путь к научно обоснованному — рациональному — познанию. Декарт, правда, стоял на идеалистических позициях, рассматривая метафизику как основу философии и принимая существование нематериальной субстанции. Немалый вклад внес Декарт и в развитие естественных наук. В отличие от философии его физика как учение о природе исходила из понятия материи, что предопределяло материалистический подход Декарта к естественнонаучным изысканиям. С этим связан дуализм Декарта, который считал, что между материальной и духовной субстанциями нет никакой связи; отсюда вытекали разнообразные противоречия и непоследовательности системы мировоззрения Декарта.

Чтобы правильно оценить достоинства и недостатки картезианства<sup>1</sup> как философии, необходимо учесть, что в физике Декарта присутствовали четко выраженные

<sup>1</sup> От латинизированного имени Декарта — Картезий. — Прим. перев.



Обсерватория Яна Гевелия над крышами Данцига. Отсюда в течение 40 лет ученый наблюдал Луну, кометы, планеты и солнечные пятна. Его сочинение «Селенография» (1647 г.) ознаменовало начало исследований Луны.

материалистические элементы, которые решающим образом влияли на процесс познания. Об этом говорили К. Маркс и Ф. Энгельс в «Святом семействе»: «В своей физике Декарт наделил материю самостоятельной творческой силой и механическое движение рассматривал как проявление жизни материи. Он совершенно отделил свою физику от своей метафизики. В границах его физики материя представляет собой единственную субстанцию, единственное основание бытия и познания»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Полн. собр. соч., 2-е изд., т. 2, с. 140.

Учение о материи и ее движении составляет ядро физики Декарта и потому заслуживает особого внимания. Большая историческая заслуга Декарта состоит в том, что он пытался, исходя из объективных законов движения материи, объяснять природу в ее развитии.

К основным положениям физики, на которые Декарт опирался в своей космогонии, прежде всего следует отнести следующие: мир материален и бесконечен; материя, состоящая из частиц (корпускул) бесконечно делима; не существует абсолютно пустого пространства, протяжение в пространстве является основным свойством материи (эти положения отличаются от более поздних представлений Ньютона); частицы материи находятся в непрерывном движении, в процессе которого их положение в пространстве все время изменяется; кроме самой материи, в принципе, нет никаких других сил, заставляющих ее

двигаться, ибо материя и движение неотделимы друг от друга.

Свою космогонию Декарт разработал в период 1630–1633 гг. Она представляет собой попытку создать строго научную материалистическую теорию возникновения и развития Вселенной. Результатом этого явилась действительно смелая гипотеза, которая в известной мере предвосхитила существенные элементы небулярной гипотезы, предложенной спустя более чем 100 лет Иммануилом Кантом и уточненной затем Пьером Симоном Лапласом.

Следует особо подчеркнуть, что свою идею о бесконечном движении, которое не исчезает и не возникает, Декарт распространял на весь Космос. В соответствии с господствовавшими тогда механистическими представлениями он понимал под движением материи пространственное механическое перемещение, иными словами, изменение местоположения материальных частиц, взаимно воздействующих друг на друга. Вследствие этого Декарт рассматривал природу как единый гигантский механизм, который в своем движении подчиняется исключительно законам механики. Его философское толкование движения как количественно постоянной величины предвосхитило закон сохранения энергии – открытый и сформулированный много позже Юлиусом Робертом Майером (1814 – 1878) и другими, – или закон сохранения количества движения. Это, безусловно, характерный пример того, как философские идеи, вовремя и правильно схваченные, порой существенно опережали результаты естественнонаучных исследований.

Научным ядром космогонии Декарта служила так называемая вихревая гипотеза. На ее основе Декарт создал первую законченную механистическо-материалистическую картину мира. Исходя из законов механики – наиболее развитого тогда направления естествознания, – он выдвинул оригинальную идею, согласно которой все небесные тела возникли из первичного хаоса мировой материи в процессе вихреподобных круговых движений ее мельчайших частиц.

Материя эта, согласно Декарту, прежде была расчленена на три типа «элементов»: самые большие и плотные частицы образовали «элементы Земли», круглые частицы меньших размеров – «элементы воздуха»,

а мельчайшие и самые легкие частицы – «элементы огня». Под действием центробежной силы, возникающей при вращении вихрей, самые большие и плотные частицы удалялись от центра вихрей к их периферии, что привело впоследствии к образованию планет, которые в свою очередь вращались вокруг собственных осей. Из самых легких частиц, оставшихся вблизи центра вихря, образовались Солнце и звезды. Вращение планет со своей стороны порождает новый «местный» вихрь, из которого возникает другая «солнечная система».

Эта вихревая гипотеза, без сомнения, явилась значительным шагом вперед по пути доказательства естественного возникновения небесных тел – доказательства, основанного на законах природы, которые существуют сами по себе и неотделимы от материи. Неудивительно, что космологические гипотезы Декарта тотчас оказались в водовороте ожесточенных споров между прогрессивными и реакционными мыслителями.

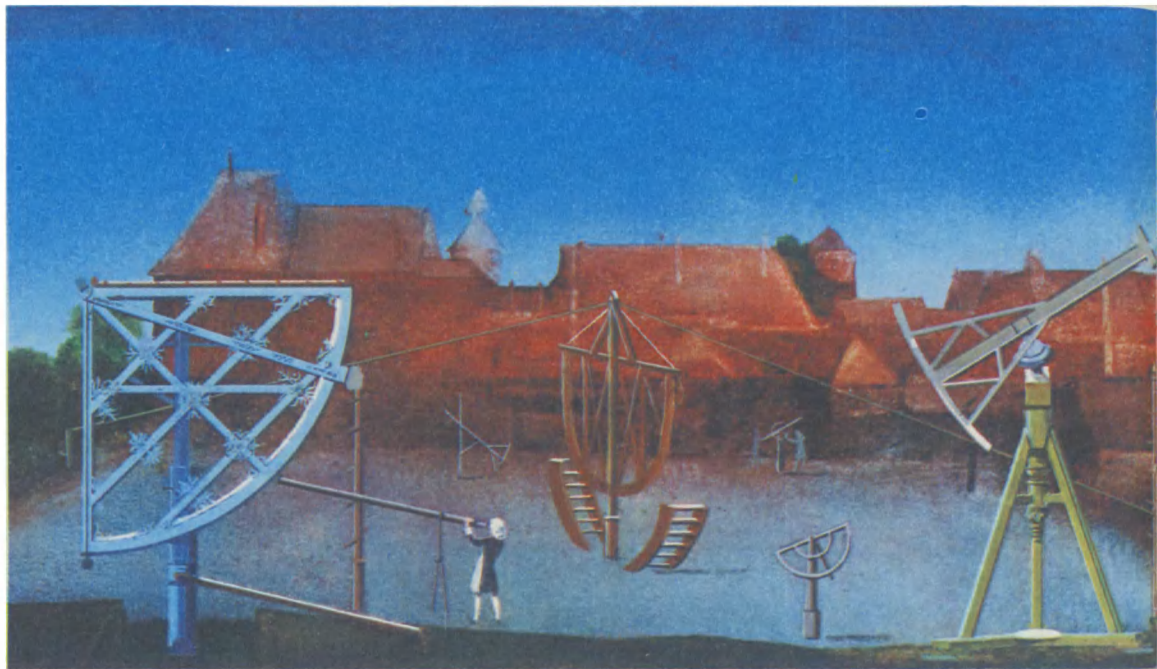
Клерикалы-фанатики – прежде всего иезуиты – и ультрареакционные представители феодально-монархических правящих верхов сразу же вступили в борьбу с Декартом и его идеями, не гнушаясь никакими средствами. Поэтому Декарт еще в юные годы вынужден был покинуть родную Францию и отправиться в путешествие по Германии, Голландии, Швеции и Италии, а в 1628 г. окончательно поселился в Голландии в надежде обрести некоторый покой и укрыться от преследования со стороны церкви и властей. Однако его надеждам не суждено было сбыться. В Голландии – в то время наиболее прогрессивной в экономическом и политическом отношениях стране – идеи Декарта встретили всевозрастающее сопротивление протестантских ортодоксов, которые в конце концов добились и здесь запрещения его трудов. Жизнь заставляла Декарта скрываться и часто (13 раз) менять свое местожительство. Но и в столь неблагоприятных условиях Декарт продолжал трудиться эффективно и неустанно, что, безусловно, свидетельствует о его величии как ученого и человека.

Во время пребывания в Голландии Декарт работал и над своей космогонией. В рукописном виде его космогонические представления были изложены в период





Армиллярная сфера Иоганнеса Мюллера (1687 г.).



В XIV—XVIII вв. Нюрнберг был одним из центров астрономических наблюдений. На рисунке (примерно 1700 г.) показана старая нюрнбергская обсерватория с различными угломерными инструментами. В это время обсерватория уже располагала несколькими телескопами.

1630 — 1633 гг. Когда Декарт узнал, что 23 июня 1633 г. инквизиция вторично осудила высокопочитаемого им Галилея и тот принужден был отказаться от своего учения, он собственноручно уничтожил большую часть рукописи. И этот поступок Декарта можно понять, если учесть, сколь ужасен был физический и психологический террор, которому еще всемогущая тогда церковь подвергала всех инакомыслящих.

Остается сожалеть, что до нас дошла только часть первоначального варианта его книги «Трактат о свете» (*Le monde ou traité de la lumière*), посвященной проблемам космогонии, ее удалось опубликовать лишь в 1664 г., т.е. через 14 лет после смерти Декарта. Однако и этого достаточно, чтобы понять и оценить главные направления космологии Декарта. Эти гениальные гипотезы, построенные только на основе общих положений развития материального мира, послужили путеводной звездой для дальнейших космологических исследований и обеспечили Декарту почет-

ное место среди открывателей неба. Ведь тогда еще не были известны законы эволюции природы, оперируя которыми он мог бы разработать фундаментальную концепцию становления и развития небесных тел. Как мы увидим в дальнейшем, такая концепция сформировалась лишь много позднее и в течение очень долгого времени утверждала свои позиции в борьбе с господствовавшими в естественных науках метафизическими представлениями.

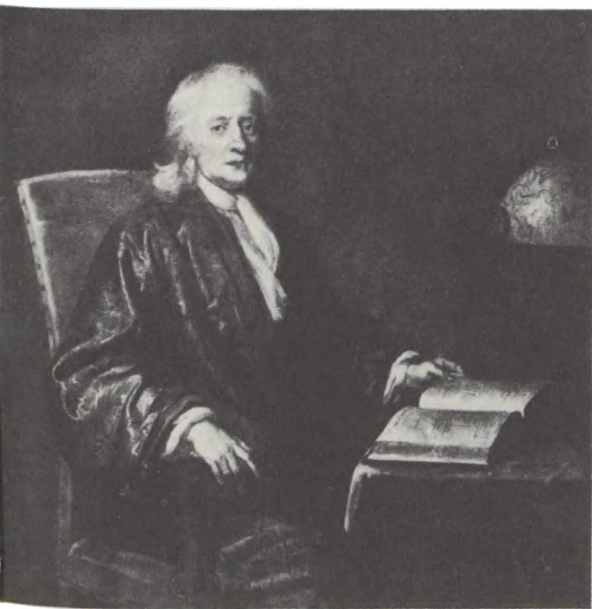
Знаменитый французский энциклопедист, философ и просветитель Жан Д'Аламбер (1717–1783) назвал вихревую гипотезу Декарта «одной из прекраснейших и одухотвореннейших гипотез», ибо она выводила движение небесных тел и случайное движение на Земле из одного и того же принципа. Велико также историческое значение попытки Декарта решить назревшие проблемы механики. Необходимо подчеркнуть, что вихревая гипотеза не открывала прямого пути к ньютонову закону тяготения. Из представлений Декарта не вытекал также и третий закон Кеплера. На это, критикуя вихревую гипотезу, указывал сам Ньютон. Концепция Декарта в принципе способствовала развитию динамики, однако в конечном счете она не выдержала проверку временем, ибо небесные тела все же не являются вихрями.



## Ньютон и яблоко

Старые популярные книги рассказывают, а романтические рисунки даже изображают, как Ньютон пришел к своему знаменитому закону тяготения. Белокурый молодой человек с задумчивым взглядом сидит в саду под яблоней, а над ним на ветке раскачивается, очевидно, уже перезревший плод. Наконец, яблоко срывается и падает на землю — именно в этот момент Ньютон получил тот решающий толчок, который привел его к теории тяготения. По словам племянницы знаменитого английского естествоиспытателя этот анекдот распространил Вольтер (1694–1778), и с тех пор дерево, под которым в свое время сидел Ньютон, стало своего рода реликвией. (Однако позднее новый владелец сада изготовил из этого дерева стол.) Легенда о яблоке, разумеется, не возникла из ничего: сам Ньютон рассказал ее своему современнику Стьюкли. Наблюдая падение яблока, он невольно задался вопросом, почему оно — а равным образом и все другие тела — падает всегда отвесно, т. е. по направлению к центру Земли, и пришел к убеждению, что должна существовать какая-то сила притяжения, «концентрирующаяся» в недрах Земли. Конечно, вздор, что именно упавшее яблоко мгновенно вдохновило физика на решение труднейшей научной

Исаак Ньютон.



проблемы, над которой многие тщетно ломали головы.

Не было ничего необычного в том, что английский физик, математик и астроном Исаак Ньютон (1643–1727) интенсивно занимался вопросами тяготения. Как мы уже говорили, в то время данная проблема стояла на повестке дня науки. Логичность постановки подобного вопроса нигде так отчетливо не была показана, как в работах Кеплера, который, исходя непосредственно из открытых им законов, и сформулировал вопрос о причине наблюдаемой закономерности движения небесных тел.

Из письма, которое Ньютон в 1686 г. написал своему знаменитому современнику, математику и астроному Эдмунду Галлею (1656–1742), мы знаем, что он еще в возрасте 22–23 лет занимался проблемой изменения силы тяжести с расстоянием, следствием которого должен быть третий закон Кеплера. Тогда же Ньютон установил (иным путем, чем Кеплер), что сила притяжения между Солнцем и планетами обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

В оставленных Ньютоном набросках было найдено еще более обстоятельное разъяснение, относящееся к 1666 г.: «В том же году я начал задумываться над тяготением, которое простирается до лунной орбиты, и нашел, как оценить силу, с которой шар, вращающийся внутри сферы, давит на ее поверхность. Из правила Кеплера, утверждающего, что квадраты периодов обращения планет пропорциональны кубам больших полуосей их орбит, я сделал вывод, что силы, удерживающие планеты на их орбитах, должны быть обратно пропорциональны квадратам их расстояний от центров, вокруг которых они вращаются. Исходя из этого, я сравнил далее силу, которая необходима, чтобы удерживать Луну на орбите, с силой тяжести на поверхности Земли и нашел, что они почти точно равны. Все это происходило в течение двух страшных лет эпидемии чумы (1665–1667), поскольку я тогда был в расцвете творческих сил и более, чем когда-либо позже, задумывался над проблемами механики и философии».

Ньютон уже тогда понимал универсальность силы тяжести. В его словах отчетливо выражена мысль, что ту же силу, которая удерживает Луну и планеты на их орбитах, следует считать ответственной



и за существование ускорения свободного падения на Земле. Но тогда Ньютон еще не довел свою идею до конца. Почти полтора десятилетия он по неопределенной причине совершенно не касался этой чрезвычайно важной проблемы. Возможно, его не удовлетворяло несоответствие между силой тяжести на земной поверхности и силой тяжести, которая действует в далеком космосе на Луну? Действительно, из-за незнания точного диаметра Земли расстояние до Луны было тогда известно недостаточно точно. Поскольку эта величина играла решающую роль в вычислении гравитационного действия Земли на Луну, Ньютон не мог получить удовлетворительного соответствия результатов. Однако, как мы уже упоминали, к этому времени известный английский естествоиспытатель Роберт Гук сообщил Ньютону о результатах новых измерений.

В ответе Гуку Ньютон ничего не говорит о своих соображениях. Прошло 6 лет, прежде чем он начал письменно излагать результаты собственного изучения проблемы гравитации. Об этом сообщал его секретарь, нанятый Ньютоном по рекомендации Грантемской школы и работавший у него с 1685 по 1689 г. В это время Ньютон создал одно из самых значительных произведений в истории естествознания, а именно «Математические начала натуральной философии» (*Philosophiae naturalis principia mathematica*). Оно было завершено в 1684 г. и опубликовано в 1687 г. В этой работе даны определения понятий массы, веса, силы и другие, а также изложены законы механики Ньютона.

## Борьба за истину

Трудно восстановить пути, которыми шел Ньютон в своих исследованиях. Они не столь очевидны для нас, как, скажем, научные тропы, проложенные Иоганном Кеплером, который, кстати, сам описал их. Известно только, что Ньютон почти 5 лет очень напряженно занимался «Началами». При этом, по свидетельству его секретаря, он всегда оставался любезным, спокойным, скромным, никогда не впадал в раздражение. Правда, его помощник не смог вспомнить, что хотя бы однажды в эти годы он видел Ньютона смеющимся. Исследователь трудился без отдыха, прене-

брегая всеми удовольствиями, бывшими тогда в моде: не ездил верхом, не играл в кегли. Из дома он выходил лишь для чтения лекций в Кембриджском университете, которые мало кто и посещал, а тем более понимал. Зачастую Ньютон даже забывал о еде, пока ему не напоминали об этом. Он все время проводил в кабинете, углубившись в свои проблемы, позволяя себе спать не более пяти часов в сутки. Об этом ученом, жившем столь уединенно, Альберт Эйнштейн сказал, что такого человека можно понять только в том случае, если рассматривать его находящимся все время «на арене борьбы за вечную истину». О работах Ньютона тогда никто и не догадывался, ибо жил он, как говорится, «при закрытых дверях».

Однажды Эдмунду Галлею – как за 18 лет до него Ньютону – удалось, исходя из третьего закона Кеплера, вывести зависимость, показывающую, что сила тяжести изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Однако Галлей никак не мог, опираясь на полученную зависимость, обосновать эллиптическую форму планетных орбит. Для обсуждения этой проблемы в лондонском кафе встретились математик и астроном Галлей, архитектор Рен и физик и естествоиспытатель Гук. Рен даже предложил премию тому, кто сумеет правильно увязать третий и первый законы Кеплера, оперируя установленной Галлеем зависимостью.

Примечательна та уверенность, с которой все трое считали, что такой вывод вполне возможен. Но ни одному из них не удалось этого сделать! Когда Галлей в 1684 г. проводил лето в Кембридже, он попросил Ньютона принять его и сообщил ему об этой дискуссии. Во время беседы Ньютон дал понять Галлею, что он уже решил эту проблему и в ближайшее время может выслать ему свой труд. Три месяца спустя обещанное сочинение действительно попало к Галлею, который, хотя и был в высшей степени удивлен, высоко оценил его значение. Он уговорил Ньютона как можно быстрее опубликовать этот труд. В феврале следующего года Ньютон направил еще одну свою работу «О движении» в Королевское общество (для обеспечения приоритета ему, правда, было достаточно просто зарегистрировать эту рукопись, не печатая ее). Между тем он продолжал работать в своем обычном ре-

жине -возможно, еще интенсивнее, чем прежде, -ободренный реакцией Галлея, хотя ни Галлей, ни Гук не были способны в полной мере оценить результаты, которые Ньютон кратко изложил в своих «Началах». Однако с печатанием, несмотря на решение Королевского общества оплатить издание, дело продвигалось не столь быстро, как хотелось бы. Во-первых, не хватало средств; во-вторых, Гук медлил с изданием, поскольку чувствовал себя задетым тем, что Ньютон даже не упомянул его собственное открытие (закон уменьшения силы тяжести с расстоянием). Галлей попытался стать посредником в этой размолвке и осторожно намекнул Ньютону об обиде Гука. Но эта претензия привела Ньютона в ярость. Он четко и последовательно отверг саму мысль о каком-либо вкладе Гука в решение проблемы тяготения. Так Ньютон оказался причастен к спору за приоритет, столь нередкому в истории науки.

Ньютон обвинял Гука в том, что тот, вероятно, узнал его доказательства от Борелли -из писем, которые он, Ньютон, писал голландскому физiku и математику Христиану Гюйгенсу (1629-1695). Ньютон был так раздосадован этой историей с Гуком, что в конце концов решил вообще не печатать ту часть своего труда, в которой содержалось приложение теории к небесным телам. Поэтому книга вышла в свет только в 1687 г.

С точки зрения сегодняшнего дня Ньютон отнюдь не был справедлив в своих резких выпадах против Гука. Хотя Гуку и не удалось сформулировать закон притяжения, но многие отдельные факты, которые были необходимы для этого, никто -кроме Ньютона -не видел так четко, как Гук.

## «Формула мира»

«Сложные перипетии развития механики, физики и астрономии, выраженные в именах Аристотеля, Птолемея, Коперника, Галлея, Кеплера, Декарта, поглощались и заменялись гениальной ясностью и стройностью «Начал»<sup>1</sup>, -писал советский ученый Сергей Иванович Вавилов (1891 - 1951). Ньютон, как позже Эйнштейн,

одновременно завершил один этап развития науки и стал основоположником нового. «Начала» Ньютона прежде всего содержали формулировку закона всемирного тяготения: все массы притягивают друг друга с силой, которая прямо пропорциональна этим массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Построенные на аксиомах, основные положения его механики представляли собой целый арсенал, пригодный для решения многочисленных проблем науки в целом и применимый, в частности, -в этом заключается одно из самых существенных его достоинств -к движению небесных тел (небесная механика). Классическая механика, основанная на «Началах» Ньютона, до XIX в. включительно служила прочным базисом для развития естественных наук и, несмотря на происшедшие впоследствии революционные изменения в физике, до сих пор сохранила свое значение.

«Формула мира» (закон всемирного тяготения) позволила Ньютону представить законы Кеплера как следствие действия всеобщей силы притяжения и сделать при этом те выводы, которые с таким трудом получил Кеплер. В результате родилась не только механика как наука о движении под воздействием сил, но и небесная механика как наука о движении небесных тел под влиянием «центральных» сил тяготения.

Закон всемирного тяготения сыграл огромную роль в становлении научного мировоззрения в целом. Он продолжал ту линию в философии, которая была намечена Коперником. Если бы Коперник, имея в виду центральное положение Солнца, не придавал бы Земле особого статуса, то тогда ему было бы очевидно, что движение тел как на Небе, так и на Земле обусловлено одними и теми же причинами. Ньютон -ва физика явилась универсальной физикой, связавшей Небо и Землю. Познание материального единства мира, которому способствовала классическая физика Ньютона, следует рассматривать как огромный шаг вперед.

Утверждение Ньютона, что притяжение масс действует повсюду, было весьма смелым, потому его всеобщность и оспаривали при каждом удобном случае многочисленные скептики от науки. Это понятно, поскольку закон всемирного тяготения явился новым действенным ударом по схоластическим воззрениям теологов. Какая

<sup>1</sup> Вавилов С.И. *Исаак Ньютон (1643-1727)*, 2-е изд. -М. -Л.: изд-во АН СССР, 1945, с. 125.

же роль отводится в таком случае во Вселенной богу, если в ней действуют силы, заключенные в массах самих небесных тел? Позднее другие мыслители, прежде всего Иммануил Кант в своей теории развития тел во Вселенной, сделали из ньютонова закона тяготения еще более смелые выводы, подрывавшие устои теологии.

Ньютон был набожным человеком. Он вовсе не был убежден, что действия тяготения достаточно, чтобы гарантировать стабильность планетной системы. Он еще не исключал полностью бога из природных явлений. Этот метафизический взгляд Ньютона на природу резко критиковал Лейбниц, иронически замечая: «Господин Ньютон и его приверженцы имеют несерьезное понимание божественного проявления. По его мнению, Бог имеет потребность время от времени заводить свои часы, в противном случае они останавливаются. Эта божественная машина к тому же ... так несовершенна, что Богу приходится иногда смазывать ее и даже подправлять». Действительно, в этом отношении воззрения Ньютона были весьма своеобразны, и вскоре их откорректировали другие математики. Они же вывели из теории Ньютона весьма важное следствие относительно того, что возмущения внутри планетной системы отнюдь не свидетельствуют о ее нестабильности, напротив, именно они — при условии больших интервалов — и способствуют стабильности.

## Успехи небесной механики

Эпоха с момента выхода «Начал» Ньютона вплоть до конца XIX в. знаменуется собой триумфальное шествие в астрономии небесной механики. «Поколения астрономов и создателей астрономических инструментов взаимно подталкивали» друг друга на новые успехи. Так, увеличивая точность наблюдательных инструментов, можно было уточнять и перепроверять теорию; отсюда проистекала потребность в более точных инструментах. Небесная механика и позиционная астрономия начали развиваться особенно быстрыми темпами.

Известно изречение Фридриха Вильгельма Бесселя (1784–1846), одного из значи-

тельных представителей этого направления исследований: «У астрономии нет другой задачи, кроме как поиск правил движения каждого светила, из которых следует его местоположение... в любой момент времени». Названные области астрономии оказались чрезвычайно плодотворными. Правда, притязание представителей школы Бесселя на особое положение среди астрономов во второй половине XIX в. сказалось отрицательно на развитии астрономии в целом, так как существенно затрудняло внедрение принципиально новых перспективных методов.

Чтобы решить поставленную Бесселем задачу для планет, сначала было вполне достаточно законов Кеплера: массы планет можно было считать величинами, малыми по сравнению с массой Солнца, а эллиптические орбиты лишь немного отличались от круговых. Конечно, с созданием небесной механики Ньютона стало ясно, что все тела Солнечной системы теоретически должны взаимно влиять друг на друга. Отсюда следовало, что при расчетах их движения идеализированная задача о двух телах не имеет места, а законы Кеплера, как известно, давали решение именно для такого случая. Учет взаимодействия более чем двух масс имел практическое значение прежде всего при определении движения спутников планет.

Открытие планеты Уран также вначале не способствовало созданию более точной теории. Она потребовалась лишь позднее, когда астрономы обнаружили в движении Урана загадочное отклонение от «нормы». Тогда появились крупные теоретические работы прежде всего таких знаменитых французских ученых, как Алексис Клод Клеро (1713–1765), Жозеф Луи Лагранж (1736–1813), Пьер Симон Лаплас (1749–1827), в которых на основании теории Ньютона были получены решения для трех и более тел. Вначале они воспринимались лишь как весьма остроумная, но едва ли имевшая какое-либо практическое значение математическая «акробатика». В действительности же это были чрезвычайно важные теоретические разработки, позволившие в будущем справиться с многочисленными назревшими практическими проблемами.

Первые успехи теории Ньютона обнаружались при изучении комет.





Маятник Фуко в парижском Пантеоне (1851 г.). Посредством этого длинного маятника французский физик Леон Фуко демонстрировал эффект вращения Земли; плоскость качания маятника не меняется в пространстве.

## «Божьи кары?»

Восемь толкований возможны для кометы,  
Когда она появляется на небе:  
Ветер, подорожание, чума, война,  
Засуха, землетрясение, конец света,  
Смерть владыки.

Подобные предсказания издавна распространялись среди людей, когда на небосводе появлялась удивительная «хвостатая» звезда. Прежде комету считали чем-то, порожденным атмосферными испарениями. Однако такой взгляд поколебался еще под влиянием наблюдений Тихо Браге. Гал-

лей — задолго до опубликования ньютоновых «Начал» — задумался над тем, нельзя ли предсказывать движение комет по данным наблюдений. Не получив поддержки у своих ученых друзей, он задал такой вопрос Ньютону, и тот не только обстоятельно разъяснил Галлею, как это сделать, но даже разрешил ознакомиться с соответствующими разделами своего труда.

В богатейшей литературе о кометах Галлей отыскивал наиболее интересные данные и в соответствии с ньютоновым законом тяготения вычислял элементы их орбит. При этом он сделал удивительное открытие: для трех различных комет получились очень сходные орбиты; большая комета 1682 г. имела почти такое же «космическое расписание движения», как кометы 1531 и 1607 гг. Поэтому Галлей предположил, что во всех трех случаях, возможно, наблюдалась одна и та же комета, которая в своем обращении вокруг Солнца через определенные интервалы времени вновь становится видимой. Исходя из этого, он предсказал, что комета вновь должна появиться в 1758 г. К сожалению, Галлею не удалось убедиться в правильности своих расчетов, ибо в 1743 г. он умер.

Немецкий крестьянин Иоганн Георг Палич, живший в деревушке неподалеку от Дрездена, любил в часы досуга наблюдать за звездами. Узнав о предсказании Галлея, он с помощью самодельной зрительной трубы терпеливо высматривал в небе комету. И 25 декабря 1758 г. действительно увидел ее. Это был успех, который принес Паличу не только широкую известность — он был избран членом Петербургской Академии наук.

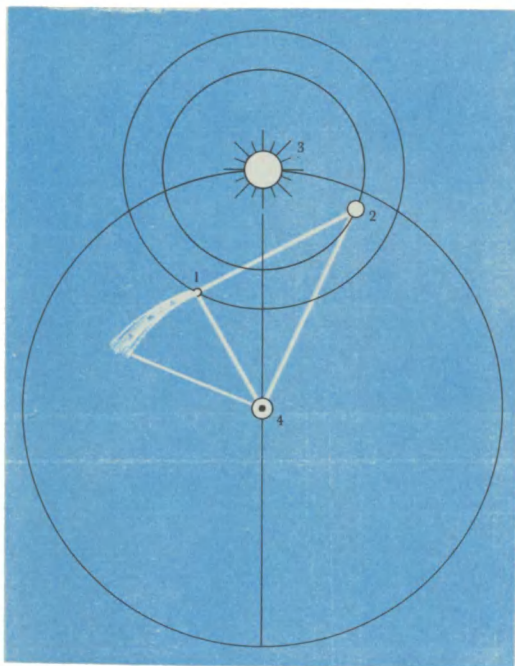
Вскоре, после того как Галлей предсказал появление кометы, которая теперь носит его имя, он установил, что подобные удивительные явления наблюдались также в 1305, 1380 и 1456 гг. Тем нелепее выглядит тот факт, что папа Каликст III издал эдикт против кометы 1456 г. Как будто можно отменить законы природы!

Когда появились доказательства, что кометы — это небесные тела, которые движутся по орбитам согласно законам тяготения, в них перестали видеть «божью кару». Конечно, достижения науки сами по себе не могли искоренить суеверия, связанные с кометами, ибо широкие массы были слишком невежественны. Им «хвостатые звезды» еще долго продолжали внушать



Зеркальный телескоп системы Грегори Мерклина (1742 г.).





Положение кометы, наблюдаемой Тихо Браге в 1577 г., относительно Венеры (2) и Солнца (3) (4 – Земля).

страх и ужас. Более того, даже в 1910 г. появление кометы Галлея кое-кто расценивал как предвестие конца света. Новое появление кометы Галлея ожидается в 1986 г. Однако и поныне на Западе, где по-прежнему процветают астрология и всяческие суеверия, некоторые проходимцы порой используют это явление для запугивания непосвященных.

Применение закона тяготения позволило за относительно короткое время добиться огромных успехов в изучении комет. При исследовании достаточно большого числа комет выяснилось, что они движутся по очень вытянутым орбитам, но тем не менее также являются членами Солнечной системы. Позднее были установлены и многие другие особенности физической природы комет. Сегодня планируются даже исследования комет с помощью космических зондов.

## Новогодний сюрприз

Настоящие астрономы всегда готовы к наблюдениям. Джузеппе Пиацци (1746–1826) из Палермо в новогоднюю ночь 1801 г.,

как всегда, находился на своем посту. Отнюдь не случайно усердный итальянец направил свой инструмент именно в область звездного скопления. Он следовал своей систематической программой наблюдений — проводил всеобъемлющую «ревизию» неба, ставшую делом всей его жизни. Превосходный инструмент, изготовленный в Англии Дж. Рамсденом, вполне отвечал поставленной задаче: определить точные положения звезд. Каталог Пиацци включал координаты около 6750 звезд — результат трудной одиннадцатилетней работы. Проводя наблюдения в первую новогоднюю ночь XIX в., Пиацци обратил внимание на объект, выглядевший, как обычно, точкой, который он принял вначале за комету. В последующие ночи условия наблюдения были также благоприятны, и Пиацци следил за объектом до 11 февраля. Поскольку никаких следов «хвоста» у объекта не обнаружилось, астроном все более утверждался в предположении, что это отнюдь не комета, а, по-видимому, неизвестная планета. Пиацци так и не пришел к окончательному заключению относительно характера этой звезды, когда его сломила болезнь. Кроме того, плохие погодные условия, установившиеся в Северной Европе, вообще надолго приостановили поиски. Когда же, наконец, небо прояснилось и телескопы обратились к тому же участку небесной сферы, обнаружить объект не удалось. К счастью, это уже были времена, когда астрономы могли быстро обмениваться информацией. В 1798 г. Франц фон Цах основал журнал «Всеобщие географические эфемериды», а два года спустя началось издание «Месячной корреспонденции по земным и астрономическим наукам». Благодаря этому журналу, где срочные сообщения печатались в пределах нескольких недель, после того как попадали к издателю, о «новенькой» на небе и о попытках вычислить ее эфемериду<sup>1</sup> на основании немногих имевшихся позиционных данных узнал молодой математик Карл Фридрих Гаусс (1777–1855).

Одним из первых решением задачи, связанной с поисками объекта, обнаруженно-

<sup>1</sup> Эфемериды называются таблицы, содержащие различные астрономические сведения (чаще всего координаты небесных светил), вычисленные для ряда последовательных моментов времени. — Прим. перев.



го, а затем утерянного Пиацци, заинтересовался Цах. В своих расчетах он исходил из того, что новое небесное тело является планетой и движется по круговой орбите. За решение этой задачи взялся и Гаусс. Вычисленная им эфемерида отличалась от эфемериды, полученной Цахом, на достаточно большую величину —  $7^\circ$  (14 диаметров Луны в период полнолуния). Спустя точно год после открытия Пиацци нового объекта Генрих Вильгельм Ольберс (1758–1840), использовав эфемериду Гаусса, обнаружил «исчезнувшее» небесное тело.

Это произвело большое впечатление на ученый мир. Каким же способом производил Гаусс свои расчеты? Ведь до сих пор ни один из разработанных в рамках небесной механики методов расчета не давал должного результата. Гаусс вычислил орбиту небесного тела на основе ньютонова закона тяготения, но свой метод он огласил лишь несколько лет спустя, в 1809 г. Это была его «Теория движения небесных тел, которые обращаются вокруг Солнца по коническим сечениям» — классическая работа небесной механики в наследии Ньютона, которая и сегодня не потеряла своего значения при вычислении орбит небесных тел.

Гаусс долго медлил с публикацией, поскольку имел обыкновение публиковать только окончательные результаты. Сочинение, содержащее общие положения и больше известное под сокращенным латинским названием *Theoria motus*, было в основном завершено уже примерно в 1801 г. Однако до его публикации Гауссу представилось еще несколько возможностей проверить правильность и пригодность своей работы. В 1802, 1804 и 1807 гг. были замечены еще три новые «блуждающие звезды», которые потом причислили к многочисленной группе «малых планет» (астероидов): в 1802 г. Ольберс открыл Палладу, в 1804 г. Гардинг обнаружил Юнону, а в 1807 г. Ольберс зарегистрировал, наконец, Весту.

Получив сообщение об открытии Весты, Гаусс рассчитал посредством своего метода (все еще неизвестного общественности) орбиту этого небесного тела. Примечательно, что на сей раз ошибка в предсказании момента появления астероида составила только несколько часов. Новый метод

Комета Донати над собором Парижской богородицы 4 октября 1858 г.



значительно усовершенствовал процесс расчетов. Вычисления, на которые знаменитый математик и астроном Леонард Эйлер (1707–1783) в свое время потратил целых три дня, Карл Фридрих Гаусс произвел за час!

Открытые вначале четыре астероида были поистине «вершиной айсберга»: к середине века число их стремительно выросло, а в конце XIX в. насчитывалось уже около 300 малых планет. С появлением фотографии, ставшей новым вспомогательным средством в астрономических наблюдениях, открытия малых планет происходили почти ежедневно. Конечно, далеко не всегда удавалось вычислить орбиты; еще и по сей день многие малые планеты наблюдались лишь однажды. С позиций небесной механики астероиды выглядели весьма «требовательными» объектами, и, не имея удобной и опробованной теории, пытаться напасть на след этих малых тел Солнечной системы было безнадежным занятием.

Астероиды имели большое значение для решения многих проблем. Прежде всего следует подчеркнуть особую роль нескольких малых планет с очень вытянутыми орбитами в качестве вспомогательного средства при определении астрономической единицы, а. е. (за величину принято среднее расстояние Земля – Солнце), которая является основополагающей при измерении расстояний в космосе. Наблюдения орбит малых планет помогли также более точно определить массы больших планет. Разумеется, трудно переоценить значение астероидов с точки зрения познания происхождения Солнечной системы в целом, ибо не исключено, что они представляют собой скопление тел, которые служили материалом для «создания» большой планеты.

## Запланированное открытие

Как одно из наиболее впечатляющих подтверждений теории тяготения Ньютона следует рассматривать историю открытия восьмой планеты Солнечной системы.

В мартовскую ночь 1781 г. астроном Вильям Гершель, проводя в Англии регулярные наблюдения неба, открыл первую из неизвестных донине планет, которая позднее была названа Ураном. Не стоит даже говорить о том, с какой страстью наки-



Вильям Гершель.

нулись на нее астрономы. Особенно интересными представлялись математические расчеты орбиты новой планеты: ведь эта слабо светящаяся «звезда» перемещалась очень медленно. Вследствие своей наибольшей удаленности от Солнца (19,2 а. е.) она должна была совершать полный оборот вокруг центрального светила не менее чем за 84 года. Для точного определения орбиты небесного тела требовалось проследить достаточно большой участок его пути. Однако астрономы оказались весьма изобретательными: они стали рыться в старых книгах с надеждой найти какие-либо данные (возможно, оставшиеся до сих пор неизвестными) о «блуждающей звезде».

Надежды оправдались. Из необработанных результатов более ранних наблюдений оказалось возможным получить приближенные координаты этого объекта в те далекие годы, и теперь оставалось лишь терпеливо ждать, когда он вновь появится в данном районе. При отсутствии старых каталогов подобные изыскания, позволявшие убедиться в том, что наблюдатели уже когда-то видели Уран, но принимали его за неподвижную звезду, были бы невозможны. Самое раннее из найденных наблюдений было выполнено за





Глобусные часы Георга Ролля и Иоганна Рейнхольда (Аугсбург, 1586 г.).

91 год до открытия планеты Гершелем. Тогда Уран зарегистрировал в своих записях знаменитый английский астроном Джон Флемстид (1646–1719), первый директор Гринвичской обсерватории. Джеймс Брайдлей (1692–1762), преемник Флемстида в Гринвиче, наблюдал Уран в общей сложности 17 раз. Наконец, были также обнаружены результаты наблюдений немецкого астронома Тобиаса Майера (1723–1762), относящиеся к 1756 г., и французского астронома П. К. Лемонье, датированные 1768 г. Поскольку данные об орбите Урана были лишь приближенными, далеко не во всех названных случаях можно было бы с уверенностью полагать, что наблюдался именно Уран.

Парижская Академия наук даже назначила премию за точное определение орбиты

вновь открытой планеты. Серьезным претендентом на эту премию был французский астроном Жан Жозеф Деламбр (1749–1822), составивший, между прочим, таблицы движения планеты, которые вплоть до 1811 г. давали результаты, лишь на малый угол (порядка  $1/100$  диаметра полной Луны) отличавшиеся от наблюдаемых сегодня значений.

Позднее, когда число точных наблюдений положений Урана достаточно возросло, А. Бувар попытался составить новые таблицы движения планеты. Однако более ранние наблюдения при этом никак не согласовывались с его результатами. Бувар терялся в догадках о возможной причине этого явления. Скорее всего можно было предположить, что старые наблюдения слишком неточны. Но Бувар допускал и другую возможность. Он не исключал, что на движение планеты оказывает влияние масса более отдаленной неизвестной



«блуждающей звезды». Этот взгляд разделял и Бессель. Он надеялся посредством анализа имеющихся наблюдений (их стало уже 361) обогатить науку. При этом имелось в виду не что иное, как открытие новой планеты. Работа была, конечно, очень трудоемкой. Собственно наблюдения составляли только незначительную часть ее. Хотя Бессель и его ученик Флемминг были исполнены самых радужных надежд, они так и не довели до конца свой замысел.

Большого успеха добились два молодых астронома: Джон Коуч Адамс (1819–1892) в Кембридже и Урбен Жан Жозеф Леверье (1811–1877) в Париже.

Адамс закончил вычисления примерно в 1845 г. Он был твердо убежден, что отклонения в орбите Урана вызваны «вмешательством» какой-то неизвестной планеты. Адамс рассчитал положение последней и сообщил данные Дж. Чэллису, профессору астрономии в Кембридже. Он надеялся, что Чэллис тотчас предпримет поиск планеты, но профессор положил «числовую акробатику» студента в ящик письменного стола. Лишь год спустя он вспомнил об этой работе и занялся наблюдениями указанной области неба. Сегодня нам известно, что с 4 по 12 августа 1846 г. Чэллис действительно наблюдал новую планету. Однако сам он этого не знал, потому что ограничился лишь наблюдением, не попытавшись его обработать.

Между тем Леверье независимо от Адамса также достиг цели своих исследований. Именно в это время он собирался написать Иоганну Готфриду Галле (1812–1910) из Берлинской обсерватории, который незадолго перед тем прислал ему свою диссертацию. В письме Леверье сообщил Галле вычисленные эфемериды предполагаемой планеты и просил его «выделить несколько мгновений для обследования участка неба, где можно ожидать появления новой планеты». Галле добился согласия своего шефа, профессора Энке, в принципе очень скептически относившего ко всей этой шумихе вокруг «мнимой» новой планеты. Но в тот день, 24 сентября 1846 г., Энке праздновал свое 55-летие, и, возможно, именно это обстоятельство сделало его более снисходительным. Итак, Энке дал согласие, и когда прекрасный осенний день сменился безоблачной ночью, просьбу парижского коллеги постарались уважить.

Молодой сотрудник (тогда ему было всего 24 года) Генрих Луи д'Аррест, позднее директор обсерватории в Копенгагене, предложил воспользоваться при наблюдениях новыми, так называемыми Берлинскими академическими звездными картами, которые появились совсем недавно в результате длительных работ, завершенных благодаря деятельности Бесселя. Карта с интересующим участком неба тогда только прибыла из типографии и поэтому имела лишь в Берлинской обсерватории.

Взглянув в телескоп буквально несколько раз, Галле обнаружил в поле зрения «звезду» малой яркости, не обозначенную на карте. В присутствии Энке наблюдение «подозрительного» объекта продолжалось всю ночь; однако тогда не удалось обнаружить движения, которого следовало бы ожидать от планеты. Только в следующую ночь стало очевидно: открыта новая планета Солнечной системы! Имя Галле сразу появилось у всех на устах. Он и по сей день широко известен как открыватель Нептуна. Конечно, планету удалось бы найти и без новой звездной карты, но в процессе поиска карта показала себя как прекрасное вспомогательное средство.

Поскольку действительное положение вновь открытой планеты отличалось от предварительно вычисленного Леверье примерно на 2 диаметра полной Луны, некоторые астрономы рассматривали это открытие как счастливую случайность. Известный немецкий математик Карл Густав Якоб Якоби (1804–1851) адресовал подобным скептикам очень меткие слова: «Нужно только восхищаться, как из таких малочисленных ненадежных данных... оказалось возможным получить столь точные результаты; это можно объяснить лишь чрезвычайно осторожным использованием всех вспомогательных средств. Тем, кто считает данное открытие случайным из-за меньшей согласованности результатов, чем это должно быть по природе вещей, следовало бы пожелать быть в состоянии делать столь же «случайные» открытия.»

Открытие Нептуна явилось большим событием в науке XIX в. Тем не менее многие специалисты продолжали сомневаться в том, что это действительно были возмущения орбиты Урана; вполне возможно, считали они, что в глубинах космического пространства, где пролегает орбита дале-

кого Урана, закон тяготения уже не обладает полной силой. Но практическая проверка результатов опровергла все сомнения. Огромное значение открытию Нептуна придавал Фридрих Энгельс, говоривший, что благодаря ему была окончательно доказана справедливость картины мира, созданной Коперником. Действительно, открытие Нептуна венчает собой историю гелиоцентрической картины мира. Открытие никогда ранее не виденной планеты на основе ньютонового закона тяготения поистине явилось триумфом Коперника. Подобный триумф во многом был подготовлен союзом небесной механики и всевозрастающей точности искусства наблюдения. Грандиозным практическим доказательством истинности законов Ньютона, а также открытий его научных предшественников и преемников в нашем столетии стали искусственные небесные тела, созданные человеком и посланные им в космическое пространство.

## Путеводитель по небу

Впечатляющий взлет астрономии в эпоху Ньютона был обусловлен не только тем, что открытие закона тяготения пробудило к жизни новые «интеллектуальные потенциалы» астрономов,— одновременно и прежде всего он диктовался насущными потребностями общественного развития.

Задолго до 3 июня 1769 г. было сделано сенсационное сообщение: в этот день ближайшая к Земле планета, прекрасная «звезда» Венера, должна пройти перед солнечным диском. Это чрезвычайно редкое явление повторится лишь через 100 лет. Астрономы с нетерпением ожидали столь интересное событие. Представлялась возможность уточнить расстояние от Земли до Солнца, т.е. значение астрономической единицы. Поскольку эта величина представляет собой своеобразный «метр» и очень важна при определении расстояний в космосе, для наблюдения Венеры были запланированы большие экспедиции в различные точки земного шара.

Однако подобные экспедиции весьма дороги, и ни ученые, ни научные общества, как правило, не располагали необходимыми средствами. Королевское научное общество Великобритании обратилось к королю с просьбой о материальной поддерж-

ке—монарх пожаловал 4000 фунтов стерлингов и корабль военно-морского флота. Джеймс Кук (1728—1779), британский морской офицер и путешественник-исследователь, получил задание возглавить экспедицию.

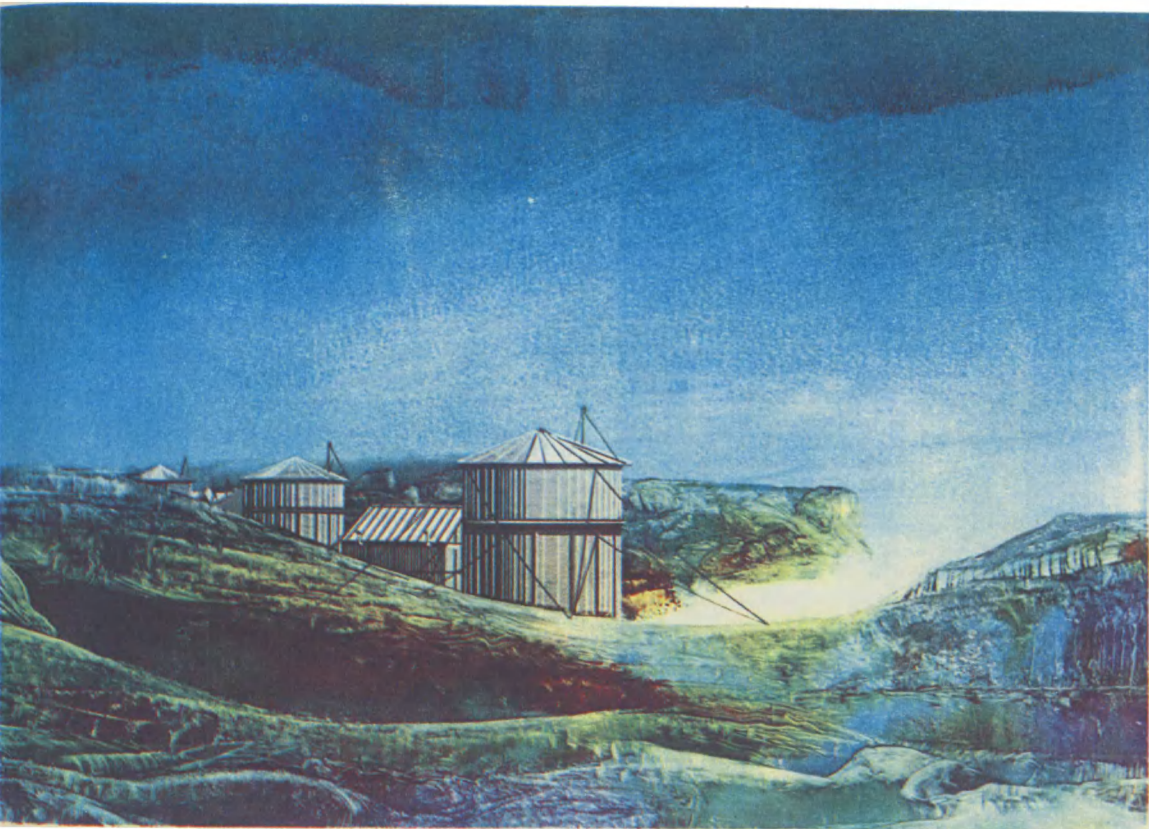
Действительно ли Британское адмиралтейство заинтересовалось проблемой точного измерения расстояния от Земли до Солнца? Скорее всего, нет! Его «щедрость» была обусловлена совсем другим. Бэнкс, тогдашний президент Королевского научного общества, откровенно заявил: «Испанцы открыли Америку, голландцы—Австралию. Большой южный континент должны открыть англичане. Для нас было бы позором не сделать этого».

Как тогда предполагалось, в южном полушарии Земли должен находиться огромный неизвестный континент—*Terra Australis*. Так что астрономические наблюдения прохождения Венеры по солнечному диску послужили для Британского адмиралтейства желанным предлогом для поиска новых колониальных владений. Среди 75 человек команды корабля «Индевор» был всего лишь один астроном.

Астрономы стали необходимы с тех пор, как в буржуазных государствах начали интенсивно развиваться торговля и мореплавание: определение точного местоположения на море было столь же важно, как и наличие надежных топографических карт.

Неумение правильно ориентироваться на море уже неоднократно приводило к потерям судов. Более того, экспедиции делали важные географические открытия, новые земли заносились в списки владений, а потом оказывалось, что их никак не удастся найти вновь. В 1752 г. на всем земном шаре примерно только для 150 пунктов были относительно точно определены координаты.

Передовые в экономическом отношении капиталистические страны были заинтересованы в изменении подобного положения вещей. Вследствие этого могучие морские державы XIX в.—Испания, а позднее Голландия, Англия и Франция—стимулировали решение научных вопросов, связанных с определением местоположения. Власти не скупились, ибо надеялись возвратить выделенные суммы существенно преумноженными. Когда в 1675 г. Карл II разрешил заложить астрономическую обсерваторию, он рассматривал ее как «фабрику



Станция немецкой экспедиции, наблюдавшей (1874–1875) Венеру на острове Кергелен в Индийском океане.

знаний», главной задачей которой считалось составление таблиц движения небесных тел и точных каталогов неподвижных звезд, что прежде всего должно было служить развитию морской торговли.

В 1714 г. английский парламент выделил солидную сумму в 20 000 фунтов, пытаясь с помощью этого «материального рычага» повысить интерес ученых к практически важной проблеме измерения долготы на море. Была даже назначена премия тому, кто предложит метод, позволяющий сделать это с точностью до  $0,5^\circ$ , т.е. 30 морских миль.

Определение географической долготы действительно очень трудная проблема. В принципе разность значений географической долготы в двух пунктах можно найти по измерению разности местных значений времени. Последнее вполне возможно, поскольку в данном случае определению под-

лежит момент наступления астрономического события, начало которого заранее известно для любой географической долготы. Известно также, что разность долгот в  $15^\circ$  между местом измерения и пунктом сравнения соответствует временной разности в 1 час, так как за час Земля поворачивается на угол, равный  $15^\circ$ . Поскольку вращение Земли происходит с запада на восток, в пунктах, лежащих западнее меридиана относимости, соответствующее астрономическое событие наступает позднее, а в пунктах, расположенных восточнее, — раньше. Наблюдатель, желающий определить долготу в данной точке Земли, должен как можно точнее измерить здесь момент наступления определенного события. Необходимо также точно знать местное время. Тогда проблему можно решить, например, таким образом: часы, точно совпадающие по показаниям (в некоторый момент времени) с другими часами, находящимися на меридиане относимости, перевозят в пункт измерений. Ход этих часов должен быть точно известен, чтобы можно было сравнить момент наступления



данного события в месте измерений с местным временем на меридиане относимости, а отсюда и определяется разность значений долготы в двух пунктах.

При решении описанной проблемы возникают определенные трудности астрономического характера. Поясним их на примере метода измерений лунных расстояний. В пункте с известной географической долготой для определенного момента времени вычисляется угловое расстояние между Луной и неподвижными звездами или планетами. Соответствующие измерения угловых расстояний Луны относительно звезд или планет проводят и в других пунктах. Из этих данных, зная моменты прохождения звездой местных меридианов, можно получить разности долгот. Но для этого необходимо знать теорию движения Луны и планет. Кроме того, для измерения времени и углов требуются точные и несложные с точки зрения эксплуатации инструменты, перевозка которых не была бы сопряжена с большими трудностями.

Таким образом, задача, поставленная английским парламентом перед учеными,

в равной мере была адресована как теоретикам, так и создателям инструментов. Специалисты выдвинули сотни различных предложений, но лишь немногие из них соответствовали высоким требованиям парламента.

Тобиас Майер принадлежал к числу теоретиков, изучавших движение Луны с позиции небесной механики. Он разработал теорию движения Луны, на основе которой вычислил таблицы движения этого спутника Земли и предоставил их в распоряжение Британского адмиралтейства. С 1757 г. эти таблицы стали использовать для определения географической долготы.

Среди создателей инструментов был особенно известен англичанин Джон Гаррисон (1693—1776), сконструировавший целый ряд часов с очень точным ходом. Уход одного из его «хронометров» за время морского путешествия, длившегося 161 день, составлял всего лишь 5 с. Значительный вклад в решение задачи, поставленной английским парламентом, внес также гениальный швейцарский математик Леонард Эйлер, который в те годы работал в России. Он, как и Майер, занимался изучением движения Луны. Эти трое ученых и были удостоены денежной награды, выделенной парламентом. Правда, Майер удостоился подобной чести уже посмертно.

История присуждения парламентской награды 1714 г. — яркое свидетельство того, что в XVIII в. стремительный взлет астрономии был тесно связан с требованиями развивающегося буржуазного общества. Интерес буржуазии к научным познаниям был обусловлен ее стремлением преумножить свои богатства.

## На службе географии и астрономии

Астроном Франц Ксавер фон Цах, высокообразованный, много повидавший человек, родился в Венгрии, но долгие годы провел в Англии — колыбели новой астрономии и был знаком с самыми знаменитыми астрономами и создателями астрономических инструментов. Затем по приглашению герцога Эрнста II Цах переехал в Готу, где создал новую астрономическую обсерваторию.

Гравюра из учебника по астрономии XVIII в. — аллегорическое изображение, символизирующее тесную связь между астрономией и исследованиями Земли.



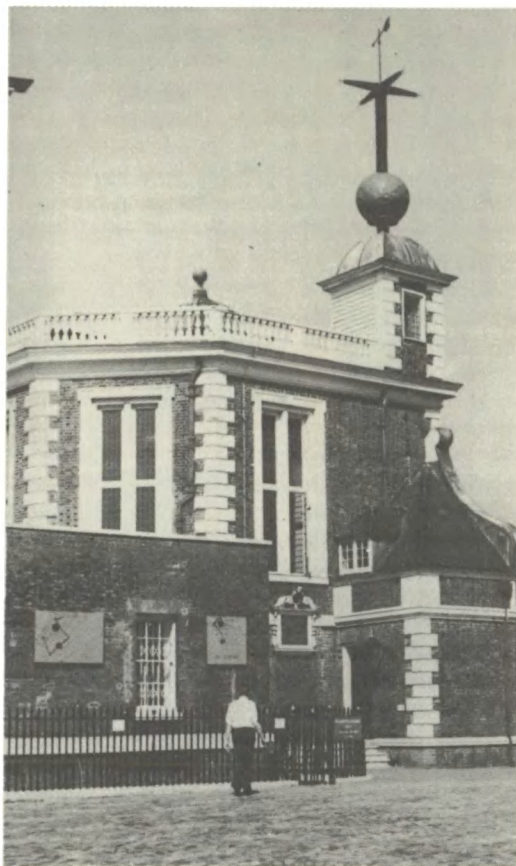
Цах принадлежал к числу тех людей, кто ясно представлял уровень требований, стоящих перед современной астрономией. Проявляя живой интерес к проблемам астрономической географии, он ясно понимал необходимость обмена информацией между учеными. В 1798 г. он основал научный журнал, призванный прежде всего отражать достижения научной географии. «Всеобщие географические эфемериды» стали местом обмена мнениями не только для географов, но и для астрономов, добрая половина которых занималась решением географических проблем.

Астрономия — это «мать географии», говорил Цах. Без нее нельзя определить ни размеры и форму земного шара, ни положения стран, провинций, городов и деревень. С 1800 г. Цах начал издавать «Месячные корреспонденции», и к 1813 г. их насчитывалось уже 28 томов. Ученый мир — в первую очередь такие знаменитости, как Бессель, Гаусс, Ольберс — единодушно признал выдающуюся роль Цаха, а позднее Линденау, унаследовавшего в 1804 г. журнал, в активизации астрономии и развитии научной географии. Главная цель, которую ставил перед собой Цах, основывая журнал, была достигнута: никогда прежде за столь короткое время не публиковалось такого количества материалов на тему определения географических координат.

Цах принимал активное участие и в развитии других астрономических исследований. В 1798 г. он собрал астрономов Европы на научный конгресс в Готу.

Цах был прогрессивно мыслящим ученым. Он не только боролся за высокие научные достижения, но и решительно выступал против общественной реакции. Особенно отчетливо он понял, что борьба за научный прогресс неотделима от борьбы за общественный прогресс при подготовке Готского астрономического конгресса: некоторые астрономы не отважились приехать на конгресс, поскольку туда был приглашен их коллега из революционной Франции.

Франция с энтузиазмом восприняла введение единой системы мер и весов. В Гер-

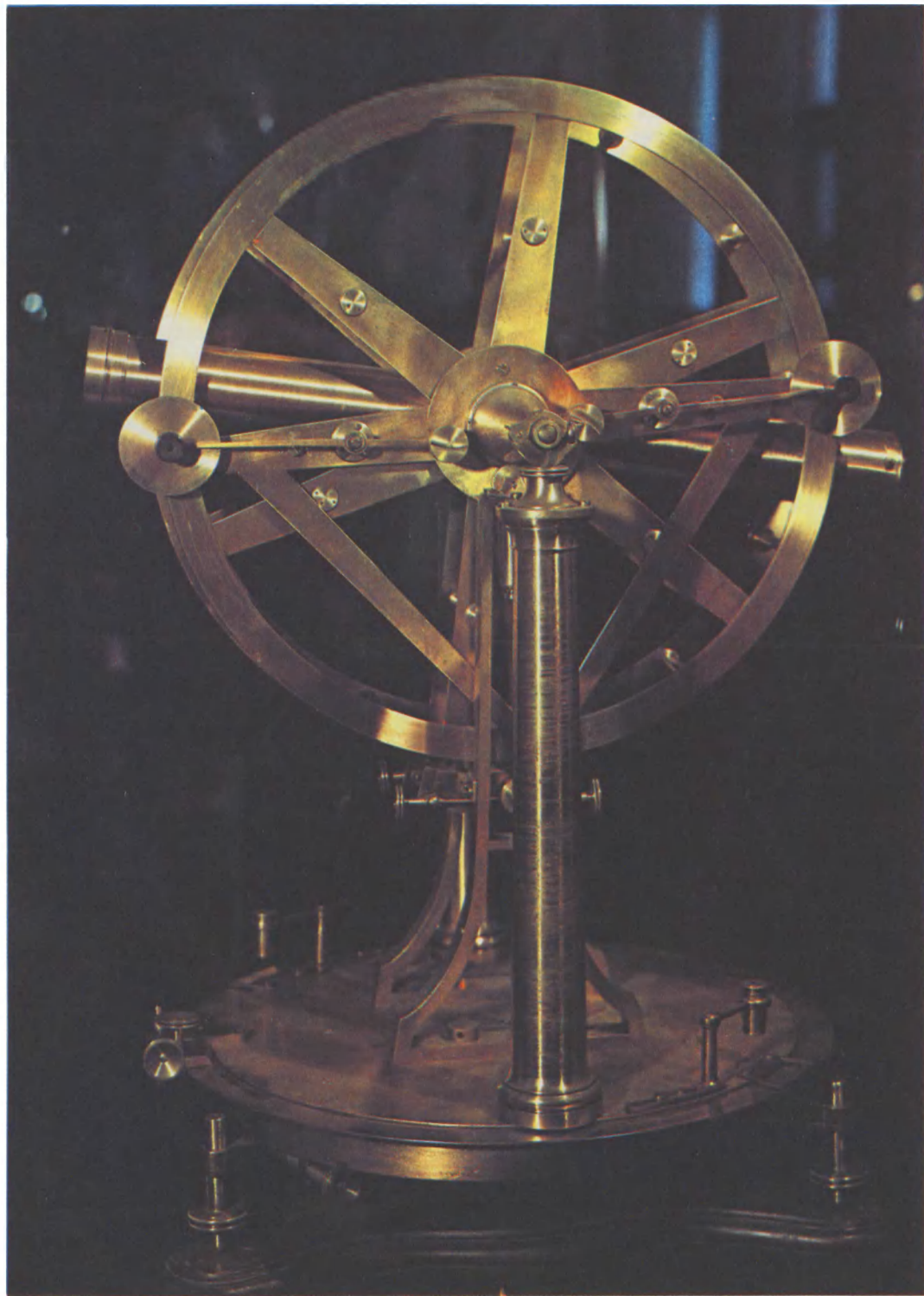


Гринвичская обсерватория.

мании «дрожащие и трясущиеся местные князьки» панически боялись, что принятие такой системы откроет путь революционным мыслям. Одним астрономам на конгресс запретили ехать власти, другие отказались сами, а английское правительство заявило протест в связи с организацией конгресса герцогу Готскому, финансировавшему это мероприятие.

Многие годы спустя на основе журнала Цаха был создан первый астрономический журнал — выпускаемый по сей день *Astronomischen Nachrichten*.

Со временем на базе астрономических наблюдений, выполняемых с целью определения географических координат и исследования формы Земли, возникла самостоятельная наука — геодезия.



Полный круг Трюгтона (Лондон 1793).



Замкнутая сущность Вселенной не имеет в себе силы, которая могла бы противостоять мужеству познания: она должна открыться ему, раскрыть перед его глазами свое богатство и свои глубины и принести пользу.

*Георг Вильгельм Гегель*

## Астроном с термометром

В 1800 г. Вильям (Фридрих Вильгельм) Гершель (1738—1822) поставил интересный и необычный опыт: к обычному астрономическому инструменту он добавил типичный физический измерительный прибор — термометр.

Ставя свой эксперимент, казавшийся его коллегам по меньшей мере странным, Гершель исходил из следующих соображений. При исследовании Солнца с помощью больших зеркальных телескопов в целях безопасности всегда приходилось ослаблять солнечный свет. Вместе с тем систематическое изучение солнечного света было необходимо и приходилось искать подходящие способы обращения с палящими лучами.

Пропуская солнечный свет через призму, Гершель пытался получить представление о свойствах солнечного спектра. Поскольку солнечные лучи несли не только свет, но и тепло (вогнутое зеркало это, в принципе, «солнечная печка»: температура в его фокусе может достигать нескольких тысяч градусов), Гершель пришел к идее исследовать части спектра при помощи термометра. Он пользовался тремя измерительными приборами различной чувствительности, устанавливая их поочередно на 5—10 мин в различных участках спектра, и обнаружил, что в красной части солнечного спектра термометр показывает максимальную температуру, а в фиолетовой — минимальную. В поисках способов наиболее эффективной защиты от солнечного света он провел серию экспериментов.

Все эти исследования уже сами по себе были весьма полезны для практики наблюдений, однако неожиданно удалось получить чрезвычайно интересный результат.

Изучая солнечный спектр, Гершель обнаружил, что еще более высокие температуры наблюдаются за красной частью спектра, т.е. в его «темной» области, и всерьез приступил к изучению этого вопроса. В конце концов Гершель пришел к убеждению, что наряду с видимым светом Солнце испускает лучи, не воспринимаемые глазом человека; он назвал их тепловыми лучами. Так было открыто инфракрасное излучение. Характер этого излучения тогда казался абсолютно неясным, сегодня же мы знаем, что оно представляет собой электромагнитные волны, отличающиеся от видимого света лишь большей длиной волн.

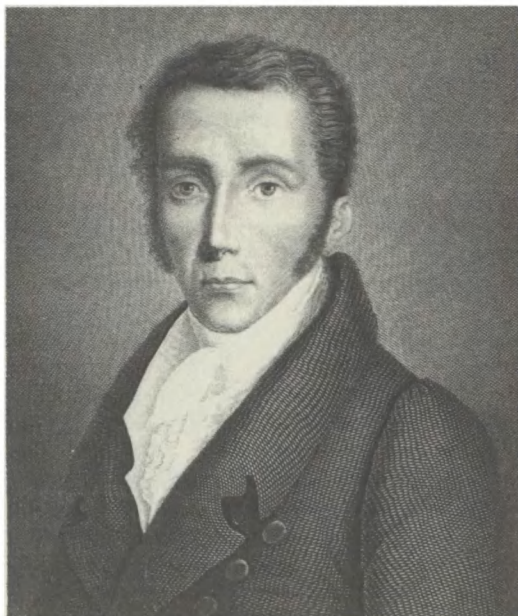
Годом позже (в 1801 г.) физик Иоганн Вильгельм Риттер (1776—1810) также провел подобный эксперимент, исследуя активность различных участков солнечного спектра. Как показал еще раньше химик Карл Вильгельм Шель (1742—1786), окись серебра лучше всего восстанавливается под влиянием тех цветов солнечного спектра, которые оказывают наименьшее тепловое воздействие, т.е. наблюдался эффект, обратный тому, что установил Гершель в опытах с термометром: фиолетовые лучи вызывали в хлористом серебре быстрые и сильные изменения, тогда как тепловые лучи почти не влияли на него. Риттер подробно исследовал эти зависимости и нашел, что в интервале между зеленым и красным цветами свет не оказывает воздействия на хлористое серебро, тогда как в области от зеленого до фиолетового цвета оно весьма заметно и, более того, сохраняется за границей фиолетовой области. Так было обнаружено излучение, лежащее в противоположной (по отношению к инфракрасному) части солнечного спектра, — ультрафиолетовое излучение.

Оба этих открытия позволяли думать, что солнечный свет скрывает в себе множество неожиданностей, обнаружение которых, вероятно, позволит глубже заглянуть в суть этого природного явления. Однако в те времена еще не существовало единых представлений о природе света, и поэтому невозможны были опыты, основанные на единой точке зрения. Происходили жаркие споры между приверженцами корпускулярной гипотезы, рассматривавшими свет как поток крошечных частиц, и поборниками волновой концепции, считавшими, что свет — это своеобразное волновое явление, причем одни из них утверждали, что свет представляет собой продольные волны, а другие говорили о поперечных волнах. Но именно эти разногласия и стимулировали постановку множества экспериментов, призванных подкрепить те или иные представления. Широкий поток исследований с неизбежностью постоянно порождая новые факты, которые вселяли в молодых, оптимистически настроенных ученых надежду на скорое начало совершенно новой эпохи в исследовании неба. В этом плане значительный интерес представили данные, полученные юным уроженцем Мюнхена оптиком Йозефом Фраунгофером, который занимался изучением солнечного спектра по сугубо практическим соображениям.

## Фраунгоферовы линии

Йозеф Фраунгофер (1787—1826) решал тогда задачу изготовления хороших ахроматических линз для телескопов. После того как в 1758 г. английский оптик Доллонд (1706—1761) нашел способ получать неокрашенное изображение с помощью комбинации линз из крона и флинта, усилия ученых были направлены на реализацию этой идеи. Одна из главных проблем состояла в том, чтобы выплавлять блоки кронгласа и флинтгласа по возможности больших размеров, которые могли бы конкурировать с крупными металлическими зеркалами.

Фраунгофер работал в весьма благоприятных условиях: он располагал достаточно большими однородными заготовками и совершенными методами их шлифовки, использовал для расчетов новейший математический аппарат. Однако качество

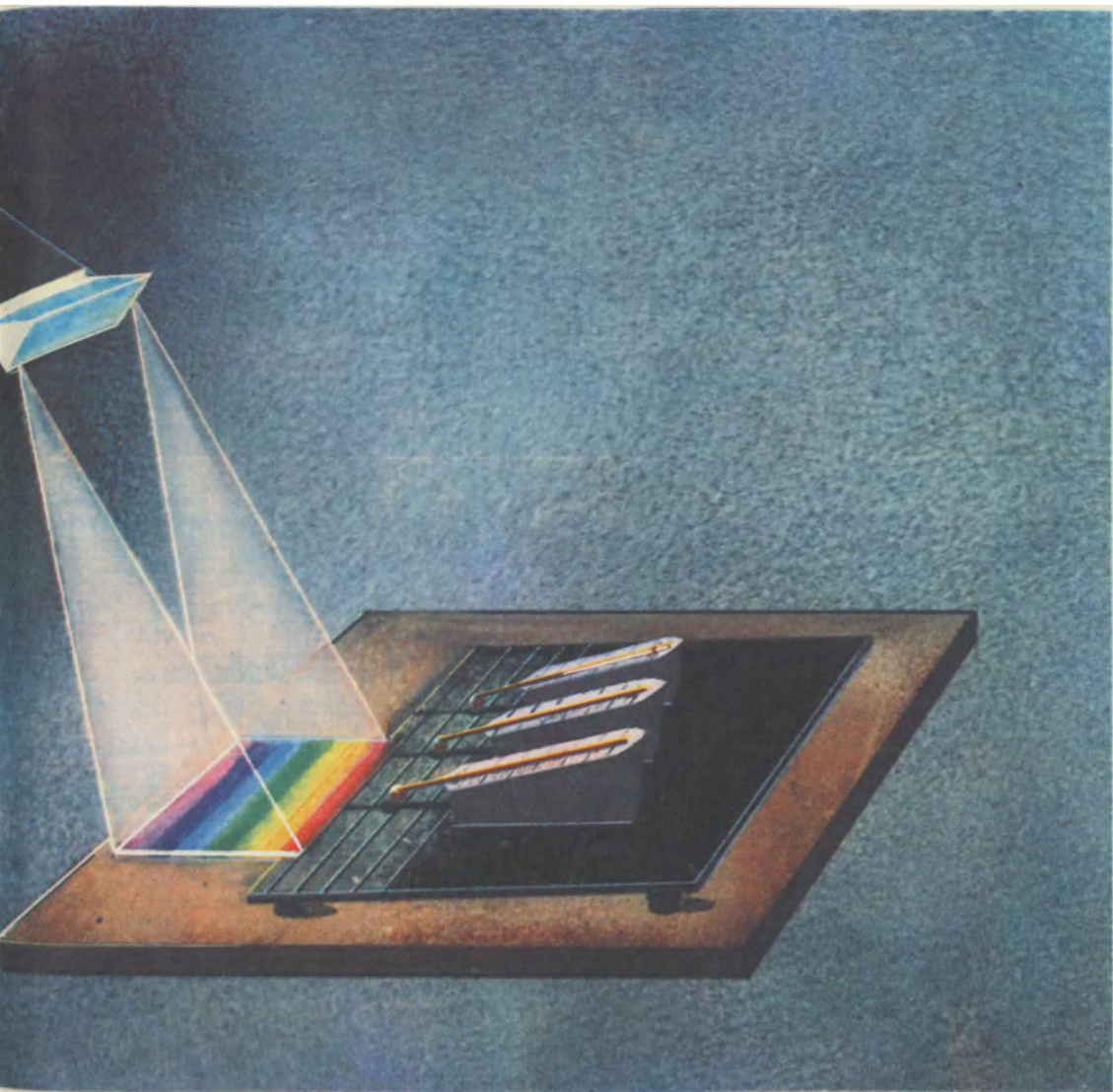


Йозеф Фраунгофер.

его ахроматов оставалось неудовлетворительным. Двадцатисемилетний оптик (теоретик и практик) видел основное затруднение в слабом знании законов преломления света в стекле. Он стал искать способы более точного определения показателя преломления стекла, но это было нелегко, поскольку цвета в спектре очень плавно переходили один в другой и их не удавалось точно разделить. В поисках «разделительных меток» для различных частей спектра Фраунгофер разлагал свет лампы на цветовые составляющие, прежде чем направить его на исследуемое стекло. Свет масляных ламп он направлял сначала на призму, которая разлагала его в спектр, а затем через своеобразную диафрагму — на призму из исследуемого стекла.

Фраунгофер обнаружил в свете лампы светлые полосы, которые, казалось бы, можно было использовать в качестве разделительных меток, если бы подобные метки имелись и в других частях спектра. К сожалению, этого не было.

Однажды Фраунгофер решил поэкспериментировать с ярким солнечным светом. И к великому удивлению и радости, вместо одной-единственной полосы обнаружил бесчисленное количество интенсивных и слабых темных вертикальных линий, которые выделялись на общем фоне спектра.



Эксперимент Гершеля, в результате которого было открыто инфракрасное излучение.

Во всем спектре — от красной до фиолетовой области — Фраунгофер насчитал не менее 574 таких линий. Самые заметные из них он обозначил буквами алфавита. Сегодня эти линии носят его имя. Современные спектральные приборы различают в солнечном спектре, в диапазоне длин волн 293,5 нм (нанометр) — 1349,5 нм, всего около 26 000 фраунгоферовых линий.

С обнаружением темных линий в солнечном спектре Фраунгофер решил стоящую перед ним проблему. Теперь он мог проводить более надежные измерения коэф-

фициента преломления, чем когда-либо ранее.

Однако для астрономии и физики это открытие лишь породило проблему: откуда берутся эти темные линии, которые, как выяснилось, были характерны и для спектров многих слабо светящихся неподвижных звезд.

## Окрашенное пламя

Особенно интересовал исследователей свет пламени, окрашенного солью. Известно, например, что если в пламя внести щепотку поваренной соли (NaCl), то в спектре



появляется интенсивная ярко-желтая линия. Другие соли дают другие линии.

Спектрами окрашенного пламени занялись тогда многие английские ученые, среди них и Джон Гершель (1792—1871)—сын выдающегося астронома и создателя астрономических инструментов Вильяма Гершеля. Джон Гершель исследовал различные спектры, в том числе спектры стронция и калия. Вскоре точные наблюдения спектров показали, что их вид неодинаков для разных веществ. Тогда некоторые ученые начали высказывать предположение, что это даст возможность определять состав светящихся веществ по их спектрам.

Однако никому пока не удавалось установить зависимость характера спектра от химического состава веществ, находящихся в пламени, хотя идея такой связи обретала все более реальную почву. При этом особое значение приобрел замеченный многими учеными, но не поддающийся объяснению факт: точно на том месте, где в спектре Солнца находилась темная линия, обозначенная Фраунгофером буквой *D*, в натриевом пламени можно было обнаружить светло-желтую линию. О происхождении этой желтой линии, правда, ничего не было известно. Некоторые ученые—в том числе шведский физик и астроном Андерс Йонас Ангстрем (1814—1874)—оспаривали принадлежность желтой линии именно к спектру натрия и идентифицировали ее как линию, широко наблюдаемую у всех металлов, которая не имела постоянного положения в спектре.

Итак, ни единого мнения, ни однозначных доказательств. Однако тех ученых, которые были убеждены в тождественности обеих линий, это обстоятельство чрезвычайно удивляло. Например, английские физики Джордж Габриэл Стокс (1819—1907) и Уильям Томсон (Кельвин, 1824—1907) в 1850 г. предположили, что *D*-линия в солнечном спектре и желтая линия в спектре натрия обусловлены аналогичными процессами. В чем суть этой аналогии, они, конечно, сказать не могли. Таким образом, к середине XIX в. накопилось много отдельных фактов о спектральных линиях, но связать их пока не представлялось возможным.

Примерно в это время два немецких ученых, физик Густав Роберт Кирхгоф (1824—1887) и химик Роберт Вильгельм

Бунзен (1811—1899), также занялись изучением явлений, возникающих при разложении света стеклянными призмами.

Летом 1860 г. великий герцог Баденский гостил в Гейдельбергском замке. Во время ночного праздника в честь приезда герцога замок был щедро иллюминирован бенгальскими огнями. Рассказывают, что Кирхгоф и Бунзен в тот вечер наблюдали эту игру разноцветных огней с крыши своей лаборатории, расположенной неподалеку от замка. Бунзен принес из лаборатории комплект призм и принялся с их помощью исследовать пламя. Подобные наблюдения были повседневным занятием обоих ученых. Бунзен тотчас узнал характерные линии бария и красные линии стронция в спектре праздничного фейерверка. Обращаясь к Кирхгофу, он заметил: «Если мы на таком расстоянии способны определить, какие вещества горят в этом пламени, то почему бы нам не попытаться узнать, из каких веществ состоят небесные тела?»

Тогда же в Берлине юный студент—чье имя позднее окажется связанным с большими научными открытиями—высказал своему профессору мысль, что на основе изучения спектра света, создаваемого при-

Густав Кирхгоф.





Вильгельм Бунзен.

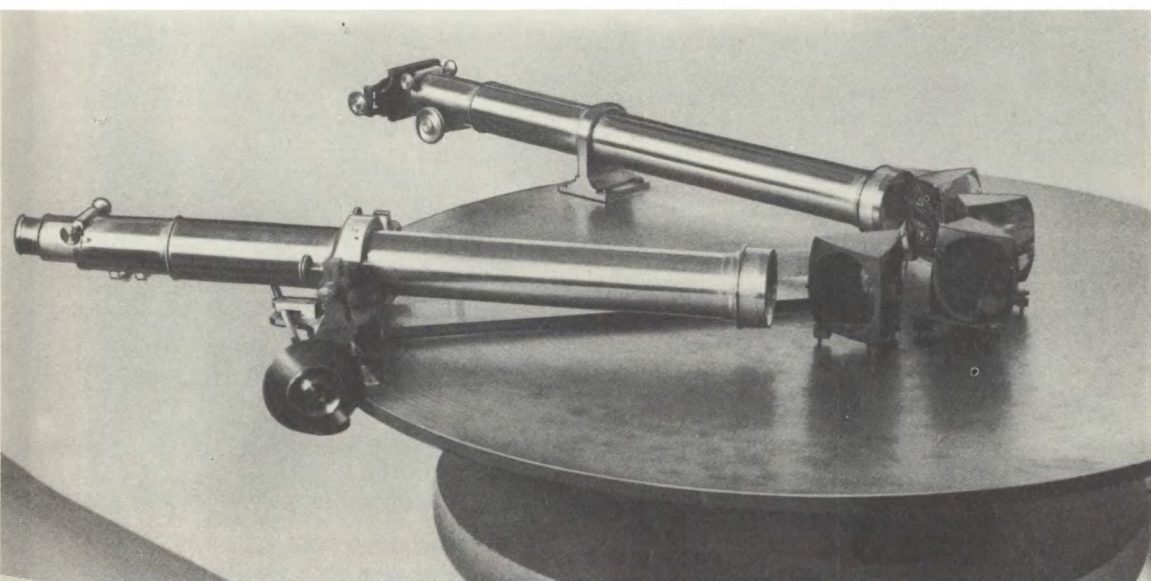
змами, можно было бы установить физические и химические свойства далеких звезд. Однако ответ одного из мэтров Берлинского университета прозвучал в духе прусского капрала: «Что собой представляют звезды, мы не знаем и никогда не узнаем!»

Профессора физики звали Генрих Вильгельм Дове (1803—1879), а юным студентом был Карл Фридрих Цёльнер (1834—1882), позднее ставший профессором астрофизики Лейпцигского университета и одним из крупнейших специалистов в той области исследований, которую Дове столь безапелляционно исключил.

Подобные высказывания знаменитых специалистов были не редкость в те времена. Так, Бессель твердо придерживался мнения, что выяснение физического состава тел во Вселенной не имеет никакого отношения к астрономии, а французский позитивист Огюст Конт (1798—1857) даже в принципе отвергал возможность когда-либо и что-либо узнать о составе Солнца.

Дальнейшее развитие астрономии убедительно продемонстрировало значение мировоззренческой позиции ученого в постановке тех или иных исследовательских проблем. Ведь пессимисты в познании в принципе считали невозможным решение определенных проблем, тогда как ученые, стоявшие на позициях естественнонаучного, материалистического подхода к изучению природы, всегда верили в безграничность познания и без устали работали над созданием новых методов. И когда Дове

Спектроскоп, с помощью которого Кирхгоф исследовал солнечный спектр; именно тогда были заложены основы новой науки — астрофизики. Сегодня этот инструмент хранится в Потсдамской астрофизической обсерватории Академии наук ГДР.



укорял своего ученика за «фантазии», был уже сделан практический шаг в этом направлении: Бунзен и Кирхгоф объединили свои усилия для исследования звезд и экспериментировали с учетом всех известных тогда науке фактов.

В 1859 г. в трудах Берлинской Академии наук Кирхгоф опубликовал статью — крошечную по объему, но значительную по сути. Ее название звучало более чем скромно: «О фраунгоферовых линиях». В этой статье Кирхгоф сообщал о совместных с Бунзеном исследованиях, в процессе которых им удалось определить химический состав сложной смеси по ее спектру. При этом обнаружились новые данные о происхождении фраунгоферовых линий.

В ходе эксперимента Кирхгоф одновременно направил в щель спектрографа яркий свет пламени натрия и солнечный свет. Учитывая совпадение желтой линии натрия с соответствующей темной линией в солнечном спектре, он предположил, что темная фраунгоферова линия в спектре Солнца окажется несколько ярче под влиянием желтой натриевой линии. Однако обнаружилось нечто совершенно противоположное: темная линия стала темнее, чем была. Кирхгоф прокомментировал столь неожиданный результат словами: «Либо это вздор, либо великое дело». Действительно, это было великое открытие.

Кирхгоф изменил условия опыта: он стал уменьшать яркость солнечного света, и тогда при определенном значении интенсивности темные *D*-линии вдруг превращались в светлые. Когда же он увеличивал яркость солнечного света, светлые линии становились темными. Эти эксперименты показали, что совпадение светлых и темных линий не было случайностью. Все это наводило на мысль, что обе линии должны иметь нечто общее. Сутки напряженных размышлений привели Кирхгофа к следующему выводу: пары натрия обладали способностью поглощать свет точно той длины волны, которую они излучали в раскаленном состоянии. При ослаблении солнечного света начинало преобладать испускание света натрием и обнаруживалась желтая линия. При интенсивном же солнечном свете свет натриевого пламени оказывался недостаточным и отчетливо наблюдалась темная *D*-линия.

Свои результаты Кирхгоф коротко сфор-

мулировал так: «Я заключаю из этих наблюдений, что пламя, в спектре которого имеются четкие светлые линии, настолько ослабляется излучением того же цвета, что на месте светлых линий выступают темные, как если бы позади пламени был помещен источник света достаточной интенсивности, в спектре которого эти линии обычно отсутствуют».

Что же давало подобное объяснение? Теоретически не слишком много, поскольку оставалось неясным, каким образом происходят подобные поглощение (абсорбция) и испускание (эмиссия). Но на практике открытие Кирхгофа означало огромный шаг вперед по пути, который многие ученые-позитивисты считали тогда тупиком.

Сам Кирхгоф сделал решительные выводы еще в работе 1859 г.: судя по наличию фраунгоферовой темной *D*-линии в солнечном спектре, в солнечной атмосфере присутствует натрий.

Бунзен и Кирхгоф проверили этот вывод на опыте, получив в лабораторных условиях «искусственные» фраунгоферовы линии.

Столь кратко сформулированные результаты Кирхгофа и Бунзена послужили первым толчком к обширным научным исследованиям химического состава космических тел.

Кирхгоф и Бунзен предприняли многочисленные эксперименты с целью обеспечить полную надежность своего вывода. Так, Кирхгоф сравнил 70 эмиссионных линий в спектре паров железа с положением соответствующих фраунгоферовых линий в солнечном спектре и установил, что многие из них совпадают. Теперь уже не вызывало сомнения, что совпадение светлых и темных линий натрия неслучайно. Примерно в конце 1859 г. Кирхгоф изложил принцип зависимости между излучением и поглощением: для каждой определенной длины волны при одной и той же температуре отношение излучательной и поглощательной способностей для всех тел одинаково. Подобную формулировку можно рассматривать как предысторию квантовой физики XX в.

Несколько позже появилась классическая совместная работа Кирхгофа и Бунзена под названием «Химический анализ с помощью спектральных наблюдений», которая ознаменовала в истории науки заро-





Зеркальный секстант Иоганна Марроу (Лондон, 1793 г.).

ждение метода спектрального анализа. В ней было четко сформулировано следующее положение: каждый элемент излучает только ему присущий спектр, поэтому на основании спектра можно судить о присутствии того или иного элемента.

## Изучение неба

Новый способ исследований весьма озадачил ученых, но вместе с тем вызвал живой интерес. Вскоре умолкли и скептики, еще недавно принимавшие Кирхгофа и Бунзена за «сумасшедших»: успехи спектрального анализа были очевидны — прежде всего для химиков. В 1860—1861 гг. Кирхгоф и Бунзен открыли с помощью спектрального анализа два неизвестных элемента: цезий и рубидий, а к 1880 г. таким путем было найдено 10 новых элементов.

В области астрономических наблюдений новый метод пока еще не дал результатов, но химики увидели в нем возможность значительно упростить исследование состава веществ и повысить точность измерений. Для астрономии этот метод означал нечто принципиально новое, поскольку до сих пор ученые вообще не помышляли о возможности определять химический состав небесных тел. Огнине во всех странах, где астрономия достигла достаточно высокого уровня, телескопы начали снабжать спектрометрами.

Наибольшую активность проявляли многие молодые ученые из Германии, Англии, России, США, Италии и Франции. Эти энтузиасты, собственно, были не астрономами, а скорее физиками, и их научная биография только начиналась. Маститые специалисты тогда продолжали работать в рамках традиционных астрономических исследований, что, с одной стороны, объяснялось их скептическим отношением к новому методу, а с другой — тем, что они не располагали временем для содействия новым программам исследования. Однако активность восторженных поборников спектроскопии снова поставила под сомнение статистический подход. Почти каждый день в разных странах ученые открывали что-то новое, и через несколько лет появилось немало книг, отражающих успехи молодой научной дисциплины — астрофизики.

Но лишь немногие из этих исследований представляли истинную ценность. Исследо-

вания Кирхгофом солнечного света говорили о том, что этот метод можно распространить и на звезды. Конечно, спектры звезд не могли дать такую богатую информацию, как спектр Солнца, поскольку на Земле звездный свет существенно менее интенсивен, чем солнечный. К тому же Фраунгофер установил, что спектры звезд в определенной мере отличаются друг от друга. Тщательное изучение множества звездных спектров показало, что их можно подразделить на три различных класса. Итальянский астрофизик Анджело Секки (1818—1878) предложил следующую классификацию звездных спектров по их структуре:

*класс I:* относительно малое число линий, в основном принадлежащих спектру водорода, и несколько линий в желтой и зеленой областях непрерывного спектра;

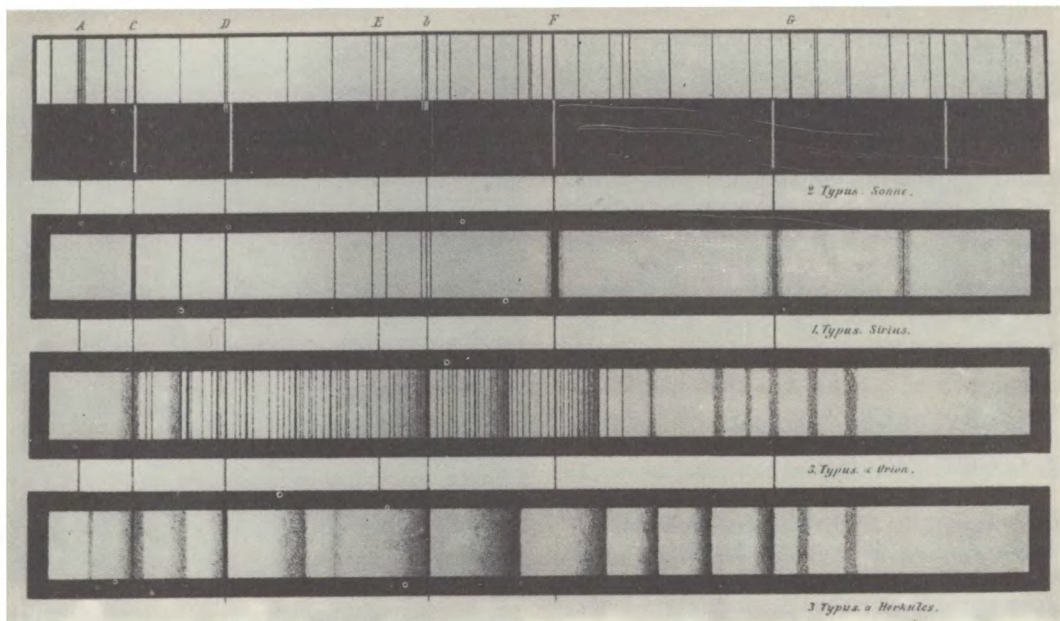
*класс II:* большое число линий во всех областях спектра, распределение которых напоминает солнечный спектр;

*класс III:* наличие дополнительных темных полос, так что совокупность темных линий в целом становится значительно больше.

Эта классификация отражала также распределение звезд по цвету (так называемая температурная последовательность), а именно: белые звезды (I класс), желтые (II класс) и красные (III класс).

Разумеется, подобное разделение знаменовало лишь начало спектральной классификации, которая в конечном счете исходила лишь из наиболее заметных особенностей звездных спектров. Сам Секки вскоре установил, что между отдельными классами наблюдаются переходы и что учет других свойств позволяет выделить большее число спектральных классов. Поэтому Секки дополнил первую классификацию еще двумя классами спектров.

Чем больше деталей открывалось исследователям в звездных спектрах — этому прежде всего способствовало усовершенствование наблюдательных инструментов, — тем насущнее становилась задача более точной классификации этих спектров. Такая работа была выполнена в конце XIX в. сотрудниками знаменитой Гарвардской обсерватории. Ее директор Эдвард Чарлз Пикеринг (1846—1911) и сотрудницы Антония Кэзтана Мур (1886—1952) и Энни Джамп Кэннон (1863—1941) предложили классификацию спектров звезд, которая



Спектральные классы «неподвижных» звезд по Секки.

пригодна и по сей день. Мисс Мур подразделила спектры на 22 класса, обозначив их римскими цифрами от I до XXII. Согласно другой классификации, спектры обозначались заглавными буквами латинского алфавита от В до G. В 1900 г. при критическом анализе собранного материала некоторые буквы опустили, ввели десятичное подразделение и несколько изменили последовательность обозначений. Так возникла знакомая нам сегодня, на первый взгляд немного странная последовательность классов спектров:

O — B — A — F — G — K — M.

В дальнейшем в эту классификацию был внесен ряд дополнений, в частности добавлены классы R, N и S.

Основным критерием классификации, введенной сотрудниками Гарвардской обсерватории, была, как и у Секки, температурная последовательность звезд, т.е. переход цвета от белого к красному. Однако решающую роль играли такие характеристики спектров, как число, положение и вид линий. Классификация звездных спектров, разработанная в Гарвардской обсерватории, в конце концов была принята повсюду и затем стала основной для спектральных исследований звезд.

Введение спектральных классов дало воз-

можность упорядочить особенности спектрального разложения света, в связи с чем ученые попытались исследовать их распределение в спектрах звезд. Подобно тому как издавна астрономы создавали каталоги положений звезд, становившиеся со временем все точнее и точнее, теперь они приступили к изучению звездных спектров. Вначале эта работа сводилась просто к сбору материала и не преследовала какой-либо определенной научной цели. Герман Фогель, приступивший в 1879 г. к просмотру северных областей звездного неба, призывал исследовать «сегодняшнее» звездное небо с точки зрения спектров звезд и вести необходимые записи, чтобы будущие поколения имели возможность установить изменения, возможно происходящие в состоянии неба с течением времени». Подобные мысли о необходимости глобального изучения неба высказывали многие ученые.

Самые обширные данные по спектрам звезд северного неба в период 1918—1924 гг. получили сотрудники Гарвардской обсерватории; Секки, Фогель, Мюллер и другие значительно отставали от них. Лишь много позже было замечено, что тщательная дифференциация спектров по основным особенностям (количеству линий и т.д.) имеет глубокий физический смысл. Уже после появления первой, очень грубой, классификации, предложенной Секки, некоторые физики, в том числе Цёльнер, в результате экспериментов и теоретическо-



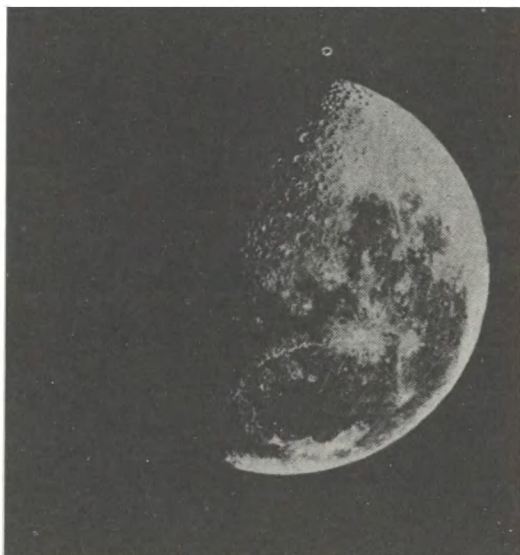
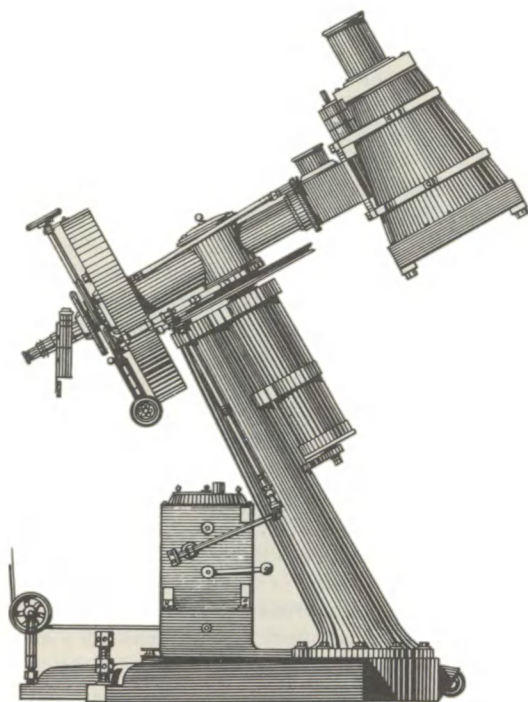
го анализа спектров звезд пришли к выводу, что на самом деле спектральные классы есть не что иное, как распределение звезд по температурам — от высоких к низким.

Этот взгляд получил блестящее подтверждение в начале 20-х годов нашего столетия. Но для этого потребовались глубокие физические изыскания, которые, конечно, были невозможны в те далекие годы, когда единственным инструментом исследователей звездных спектров была простая стеклянная призма.

## Удивительная звезда в созвездии Кита

Примерно в то же время (последние десятилетия XIX в.) физики и астрономы увлеклись проблемой измерения яркости звезд. Если исследование звездных спектров представляло собой нечто принципиально новое, то определением яркости звезд астрономы занимались уже 2000 лет. Еще Гиппарх в своем звездном каталоге приво-

С середины XIX в. фотография начала играть заметную роль в астрофизических исследованиях. Фотографический экваториал фирмы Хейде (Дрезден), приобретенный Московской Императорской обсерваторией.



Первые фотографии Луны. Этот снимок естественного спутника Земли сделан Г. Дрэпером 3 сентября 1863 г. с помощью 40-сантиметрового зеркального телескопа.

дил данные по яркости, которые наряду с местоположением звезд, установленным весьма приближенно, должны были помочь в идентификации этих небесных объектов. Хотя данные по яркости сами по себе тогда ничего не давали, астрономы, следуя греческой традиции, вплоть до XIX в. составляли десятки каталогов яркости звезд. Потребность в точных данных о яркости заметно возросла, когда обнаружилось, что некоторые звезды довольно загадочным образом меняют свою яркость.

Вспомним хотя бы о странной звезде, которую в ноябре 1572 г. открыл в созвездии Кассиопеи Тихо Браге и которую прежде там никто не видел. «Новая» звезда по яркости не уступала Венере, и ее можно было наблюдать даже на дневном небе. Необычное явление буквально произвело сенсацию среди исследователей звезд и в кругах широкой общественности. Браге наблюдал это «чудо» с величайшей тщательностью. В отличие от планет новая звезда оставалась на одном месте, но с течением времени изменяла свою яркость, «гасла» прямо на глазах: немногим более чем через 4 недели она из «Венеры» превратилась в «Юпитер», и в последующие недели ее яркость продолжала падать. Весной 1574 г., т.е. примерно через 1,5 года, звезда исчезла.

Но взбудораженные умы ученых на этом, конечно, не успокоились. О «Новой Тихо» — как сегодня называют эту звезду — еще продолжали говорить.

Несколько лет спустя в созвездии Кита появилась другая своеобразная звезда. Яркость этой «новой» вскоре тоже стала заметно падать, и через довольно продолжительное время звезда пропала. Однако в отличие от «Новой Тихо» звезда из созвездия Кита (Мира) позднее возникла вновь, потом опять исчезла, и это повторялось неоднократно. Эту звезду видели и в 1638 г. и в последующие годы, причем яркость ее периодически изменялась. Как сегодня хорошо известно, «исчезновение» звезды объясняется тем, что ее яркость изменяется в широких пределах: от 2-й до 10-й звездной величины<sup>1</sup>. При минимальной яркости интенсивность света звезды оказывается в 100 раз ниже порога чувствительности глаза человека. Поэтому нет ничего удивительного в том, что звезда регулярно то «появляется», то «исчезает». С течением времени исследователи открывали все больше подобных звезд. Их странное поведение поначалу вызывало удивление, и это вполне понятно, ибо механизм наблюдаемого явления был абсолютно неизвестен. Данное обстоятельство нашло отражение и в названиях звезд: «Мира» означает «удивительная», «Алголь», изменения яркости которой впервые обнаружил в 1669 г. Монтанари, — звезда дьявола. Сегодня известно более 20 000 звезд переменной яркости. Изучение этих объектов является важной специальной областью современной астрофизики.

Опыт астрономических наблюдений в период XVI—XVII вв. показал, как важно было точное определение яркости звезд, поскольку оно полностью опровергало веками сложившееся представление о том, что все звезды во все времена имели одну и ту же яркость. Интерес астрономов к переменным звездам послужил побуждающим мотивом для развития фотометрии.

Немецкий астроном Фридрих Виль-

гельм Аргеландер (1799—1875) опубликовал в 1844 г. «Воззвание к друзьям астрономии», где настойчиво призывал всех астрономов-профессионалов и любителей обратить особое внимание на звезды переменной яркости. Аргеландер предложил метод точной оценки относительной яркости различных звезд. В то время (как, впрочем, и прежде) астрономы довольствовались весьма расплывчатыми характеристиками, как-то: «одинаково яркие», «ярче», «много ярче». Метод Аргеландера позволял оценивать степень яркости звезд с точностью до 0,1 звездной величины. Этот метод настолько хорошо себя зарекомендовал, что астрономы-любители используют его и по сей день.

Если переменные звезды послужили поводом для применения в астрономических наблюдениях метода фотометрии, то другая, на первый взгляд весьма далекая от астрономии, область деятельности — светотехника — способствовала развитию и усовершенствованию этого метода, создав эффективные приборы для измерения яркости. С появлением первых мощных искусственных источников света, особенно с введением газового освещения, возникли проблемы, связанные с фотометрией. Стремительно растущие крупные промышленные предприятия, работа на которых велась круглосуточно, нуждались в ночном освещении. Высокая эксплуатационная требовательность к источникам света, а также острая конкуренция между их производителями неизбежно имели своим следствием быстрое развитие фотометрии; необходимо было знать, изменяется ли качество света в процессе эксплуатации источников, каково отношение интенсивности искусственных источников света к естественному освещению в различное время суток и при различной погоде и т. д.

Здесь уже грубые приближенные оценки оказались явно недостаточными — нужны были точные количественные измерения яркости. И неудивительно, что первые фотометрические измерения касались сравнения интенсивностей солнечного света и света искусственных источников. Успехи в разработке фотометров открыли астрономам возможности этого точного метода измерения яркости. Постепенно фотометры кое-где стали применять для исследования звезд. Поначалу трудно было предвидеть, для каких конкретных задач могут приго-

<sup>1</sup> Звездная величина — мера блеска небесного светила, определяемая освещенностью, которую оно создает на Земле на плоскости, перпендикулярной падающим лучам. Чем ярче светило, тем меньше число, выражающее его звездную величину; звездная величина может иметь как положительное, так и отрицательное значение. — Прим. перев.

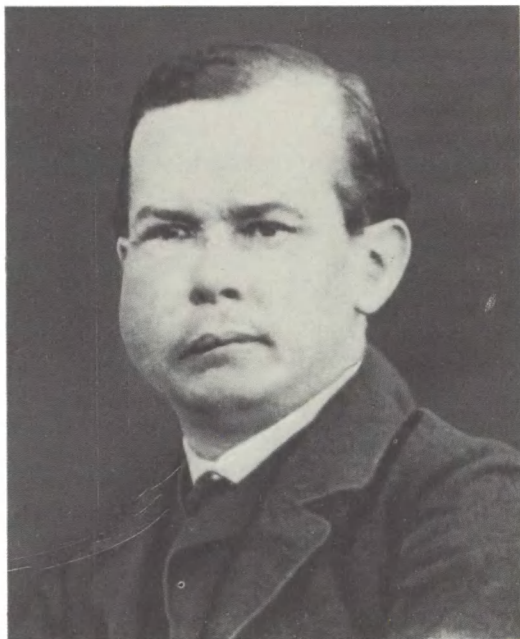
даться результаты точных измерений яркости звезд, однако астрономы следовали призыву Аргеландера.

Известный толчок в этом направлении дала Императорская Академия наук в Вене, учредившая в 1854 г. премию за решение проблемы точного определения яркости звезд. Академия призывала «последовательно и в широких масштабах проводить по возможности более точные фотометрические определения неподвижных звезд, чтобы этим способствовать значительному прогрессу современной астрономии». Весьма знаменательно, что в то время на этот призыв никто не откликнулся — в фотометрии неба тогда царил затишье. В 1857 г. Академия вновь объявила конкурс. На этот раз было три претендента. Под конец назначенного срока в Академию поступила работа молодого физика Цёльнера — он занимался проблемами фотометрии еще будучи студентом-физиком Берлинского университета, а затем в Базеле вновь заинтересовался фотометрической тематикой, а именно изменением свечения раскаленной платиновой проволоки. Работы Цёльнера знаменовали собой уже наметившуюся тогда связь между технической и астрономической фотометрией. Первоначально его исследования касались исключительно вопросов получения искусственного света и измерения светотехнических параметров источников света. Возможно, фотометрия звезд так и осталась бы только его увлечением, если бы не этот конкурс и не настоятельные призывы базельских коллег и друзей послать заявку на участие в нем.

## Случай рождает открытие

Замечено, что нередко научные открытия рождаются весьма случайно, в результате стечения непредвиденных, порой забавных обстоятельств. Подобное произошло и с Цёльнером — изобретателем астрономического фотометра.

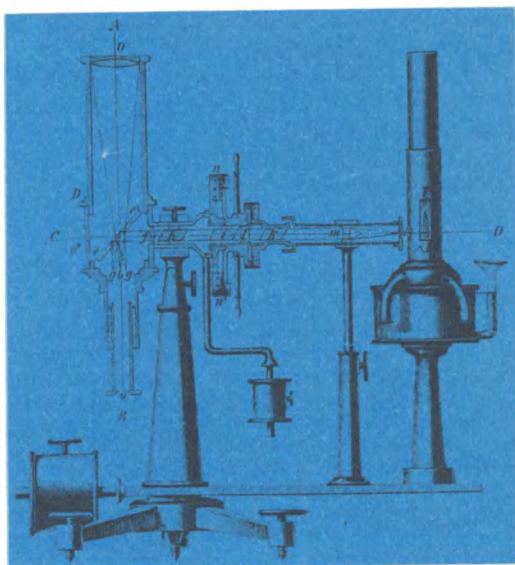
Однажды вечером Цёльнер ехал по железной дороге из Берна в Базель. Удобно устроившись в купе, он принялся через окно вагона разглядывать ясное звездное небо. К своему удивлению, среди известных звезд он обнаружил непонятный ярко-красный объект. Эта светящаяся точка ни в коем случае не могла быть Марсом. Желая получше рассмотреть объект, Цёльнер



Карл Фридрих Цёльнер.

открыл окно. Однако таинственная красная звезда исчезла. Он закрыл окно и сел на место. Каково же было его изумление, когда звезда снова возникла на том же самом месте! Он повторил опыт: звезда «появлялась» лишь при закрытом окне. Очевидно, она была не «настоящая». И действительно, у противоположной

Фотометр Цёльнера.





стены купе Цёльнер обнаружил маленькую газовую лампу, которую, чтобы она не слепила пассажиров, накрыли платком. А в платке, покрывавшем лампу, оказалась крошечная дырочка: отражение лампочки в оконном стекле точно попадало в поле зрения Цёльнера и создавало иллюзию настоящей звезды.

Приехав в Базель, Цёльнер немедленно решил использовать свое открытие в эксперименте. Он изготовил из картона импровизированную трубу телескопа и под некоторым углом вставил в нее стеклянный диск. Крошечное отверстие, проделанное в картонной стенке трубы, пропускало комнатный свет, который, попадая на диск, создавал эффект искусственной «звезды». С помощью этой безобъективной трубы Цёльнер из комнаты наблюдал звездное небо, и в зависимости от того, насколько плотно он прикрывал отверстие в картонной трубе, «звезда» то появлялась в поле зрения, то исчезала. Если бы удалось найти способ изменять яркость и цвет такой искусственной «звезды», фантазировал Цёльнер, то можно было бы получить прекрасный фотометр. Тогда, увеличивая или уменьшая яркость светящейся точки, можно добиться того, чтобы она сравнялась с яркостью исследуемой настоящей звезды. Такой сравнительный метод давал возможность значительно повысить точность определений яркости по сравнению с известными прежде методами. Несомненными преимуществами подобного прибора были бы простота его конструкции и удобство работы с ним, тогда как обычные устройства для измерения яркости звезд не обладали этими качествами.

Цёльнер решил измерять яркость звезды поляризационным методом. Вращая специальные поляризационные фильтры, он изменял тем самым интенсивность искусственного света, пока она не совпадала с интенсивностью света исследуемой звезды. Цёльнер предусмотрел даже устройство для получения одинаковой окраски этой «искусственной звезды» (миры<sup>1</sup>) и изучаемой звезды. Суть метода заключалась в том, что, измерив угол поворота светофильтра, можно было точно

установить изменение интенсивности. Уже первые эксперименты подтвердили пригодность метода. Цёльнер изложил свой метод в статье, которую и отправил в Венскую Академию. Однако комиссия экспертов отказала ему в выдаче обещанной премии на том основании, что он провел слишком мало измерений яркости звезд. Два других претендента также не получили премии. Формальность подхода венских специалистов, безусловно, не делает им чести. Как только работа Цёльнера была опубликована в Берлине, она тотчас же получила блестящую оценку в журнале *Astronomischen Nachrichten*, пользующемся международной известностью.

Несколько лет спустя фотометры Цёльнера прочно обосновались под куполами обсерваторий всех наиболее развитых стран мира. Фотометр Цёльнера позволил сделать существенный скачок в определении яркости звезд, повысив точность измерения по сравнению с прежними методами примерно в 10 раз. Кроме того, метод Цёльнера отличался простотой, а полученные результаты не требовали сложной обработки.

## «Логарифмический» глаз

Однако точное измерение яркости (вместо приблизительной оценки ее) вызвало к жизни проблему, которая, хотя и была известна ранее, но мало волновала специалистов. Дело в том, что, согласно старой традиции, астрономы судили о яркости звезд по так называемой шкале звездных величин, основанной на способности человеческого глаза дифференцировать яркость светящихся объектов. Измерительные же приборы показывали лишь интенсивность звездного света. При этом возникала альтернатива: либо в будущем вообще отказаться от старой классификации звезд по звездным величинам, либо пересчитывать измеренные интенсивности в звездные величины. Однако это было не так-то легко. Хотя астрономы всегда работали со звездными величинами, о физическом содержании этого понятия почти ничего не было известно.

Названная проблема касалась не только астрономов — не меньший интерес она представляла и для физиологов, так что само собой напрашивалось сотрудничество

<sup>1</sup> Мирой называется специальное оптическое устройство, служащее для выверки и калибровки спектральных и оптико-механических приборов. — Прим. перев.

в данной области физиков и физиологов. Среди последних особенно следует отметить Эрнста Генриха Вебера (1795–1878) и Густава Теодора Фехнера (1801–1887).

Вебер, которого часто называют отцом психофизики, в середине прошлого столетия занимался исследованием чувствительности органов слуха и осязания. Примерно в то же время Фехнер, который по своим философским взглядам склонялся к пантеизму, исследовал особенности зрения. Оба ученых выявили определенную зависимость между реакцией органов чувств и интенсивностью раздражения.

Так, Фехнер установил, что две светящиеся поверхности различной яркости воспринимаются человеческим глазом как одинаковые, если их яркость ослабить с помощью фильтра. Восприятие зависит от интенсивности светового потока. На языке математики это означает, что чувствительность пропорциональна логарифму интенсивности раздражения. Этот вывод справедлив как для зрения, так и для осязания и слуха. Наш «логарифмически чувствующий» глаз, обладая относительно малым диапазоном чувствительности, способен реагировать на раздражения в сравнительно большом интервале. Различие между яркостями самой слабой — но еще различимой невооруженным глазом — звезды и Солнца, которое является самым ярким объектом нашего неба, составляет примерно 33 звездные величины. Соответствующее соотношение интенсивностей световых потоков дает величину порядка одной десятиллиардной ( $10^{-13}$ ). Зависимость чувствительность–раздражение, названная по имени открывших ее ученых законом Вебера–Фехнера, играет заметную роль в астрономических исследованиях.

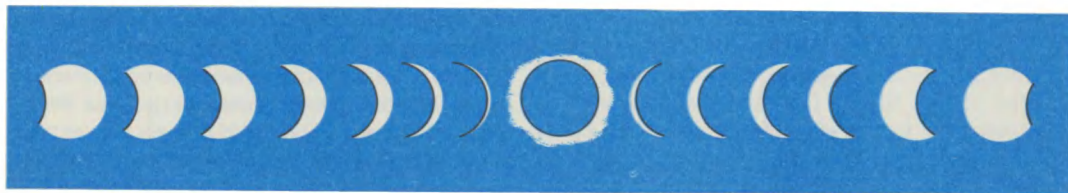
Подобно тому как при измерении температуры недостаточно просто знать, что высота столбика ртути является линейной функцией измеренной температуры, так и в фотометрии помимо соотношения между названными выше двумя величинами требовалось также установить цену деления фотометра. Иными словами, необходим был соответствующий коэффициент пропорциональности. Английский астроном Норман Роберт Погсон (1829–1891), как, впрочем, и другие ученые, выразил сомнения относительно возможности точно определить значение этого коэффициента, поскольку прежние оценки яркости изоби-

ловали ошибками, величины которых были известны. Поэтому Погсон предложил установить коэффициент, величина которого, с одной стороны, достаточно хорошо согласовалась бы с известными значениями яркости, а с другой — была бы вполне удобна при использовании нового метода измерений. Конкретно он рекомендовал коэффициент, равный 2,512. Эта величина была принята специалистами по фотометрии и сегодня задает шкалу яркости. Конечно, это произошло не сразу, а лишь после многочисленных и бурных дискуссий. Были предложены и другие значения названного коэффициента; многие астрономы вообще отрицали реальность закона Вебера–Фехнера. Прошло столетия, прежде чем предложение Погсона получило право на жизнь.

## Охота за яркостями

Цельнер был твердо убежден, что яркость звезд имеет самостоятельное значение и что ее измерение даст возможность получить принципиально новые сведения о строении звезд. В качестве особого примера он указывал на переменные звезды. Если Аргеландер исследовал эти объекты, не ставя при этом каких-либо определенных целей, то Цельнер видел в подобных исследованиях важнейший источник для изучения «биографий» звезд. Согласно его представлениям, внешняя поверхность звезды в процессе охлаждения должна была покрываться шлакоподобными отложениями. Поскольку звезда вращается, с Земли наблюдаются различные участки ее поверхности, в большей или меньшей степени покрытые шлаковыми образованиями, что и обуславливает периодическое изменение наблюдаемой яркости звезды. Хотя это предположение, как нам сегодня известно, не соответствует действительности, в свое время оно явилось существенным аргументом в пользу определения яркости. Цельнер считал необходимым приступить к широкому исследованию звездных яркостей при помощи новых методов измерений, которые тогда успешно развивались в различных обсерваториях мира. Не исключено, полагал он, что звезд с постоянной яркостью вообще не существует.

Аргеландер — убежденный сторонник предположения о переменных яркостях — в



Фазы полного солнечного затмения, в ходе его можно наблюдать солнечную корону.

1852–1859 гг. составил обширный каталог звезд, в который среди других характеристик звезд были включены и значения яркостей. Последние, конечно, не относились к основным параметрам звезд, но список их значений был достаточно велик и тогда не имел себе равных. Вместе со своими сотрудниками Шёнфельдом и Крюгером Аргеландер за 16 лет наблюдений получил уточненные значения положений и яркостей звезд (вплоть до 9,5 звездной величины) северной половины небесной сферы.

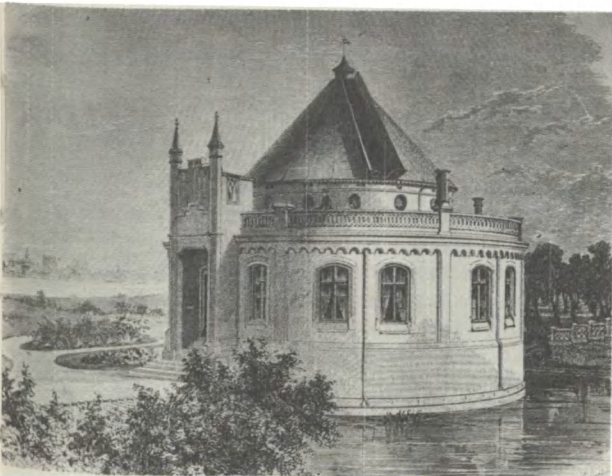
Для измерений использовался очень небольшой рефрактор (78/630), подобный имеющимся сегодня во многих школах. Было исследовано 324 189 звезд. При этом яркости оценивались не только по наблюдению, а выполнялись специальные сравнения и анализ, собственно наблюдения производились в самых благоприятных условиях видимости. Каталог представлял собой огромный труд, содержащий оценки примерно 1 000 000 значений звездных яркостей. Астрономы называли этот каталог «Боннское обозрение» — по названию обсерватории, где

он был составлен. С тех пор термин «обозрение» вошел в употребление.

После такой основополагающей подготовительной работы настало время, вооружившись современными методами измерений, заняться более точным определением яркостей. Над новыми «обозрениями», пусть не столь обширными как первый, интенсивно работали в различных районах мира. Вполне возможно, что Цёльнер действительно первый четко сформулировал необходимость подобной работы, однако в некоторых других странах ее начали проводить несколько раньше. В Германии не было обсерваторий, которые могли бы целиком заняться новой областью астрофизики. Иначе обстояло дело в США. Там с 1839 г. активно функционировала Гарвардская обсерватория. В период 1877–1917 гг. ее директором был Эдвард Чарлз Пикеринг (1846–1919) — ученый, имевший большие заслуги в применении новых астрофизических методов. В 1879 г. под его руководством начались наблюдения, целью которых было составление обширного обозрения звездных яркостей. Результаты этой работы в законченном виде были опубликованы в 1907 г.

Чрезвычайно большой материал о яркостях звезд южной области неба получил в период 1892 — 1914 гг. Дж. Томе (Аргентина). Составленное им так называемое «Кордобское обозрение» содержит значения яркости более чем полумиллиона звезд.

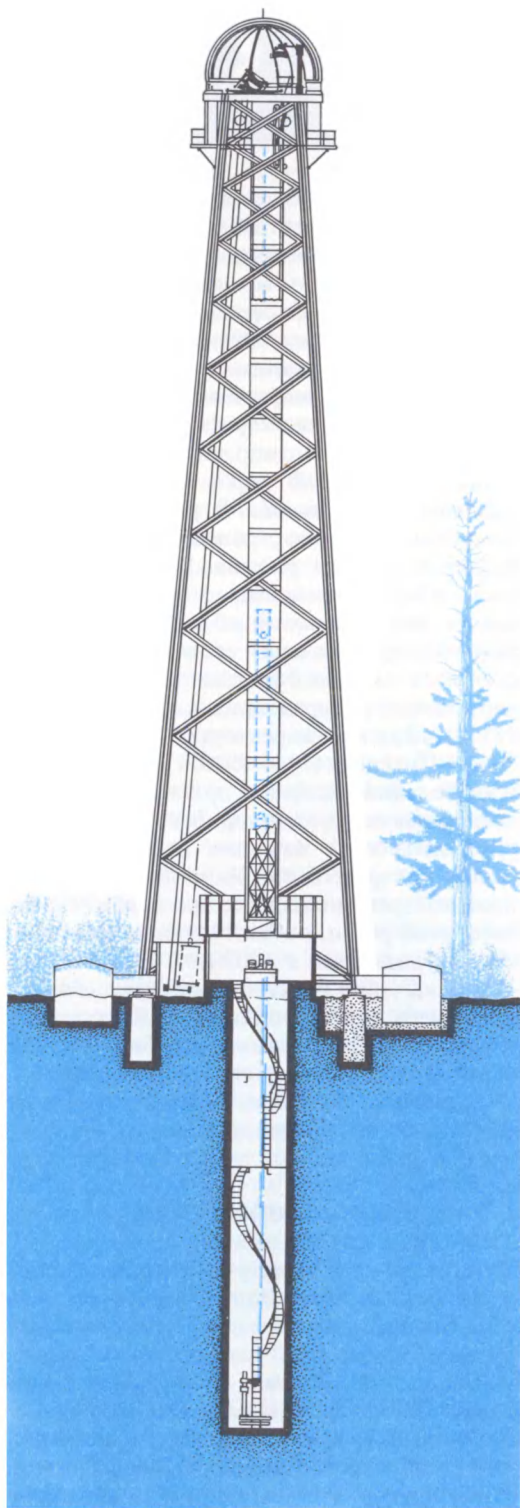
Боткампская обсерватория в XIX в.



## Солнечная обсерватория

Первые успехи спектроскопии, особенно при исследовании Солнца, окончательно убедили небольшую группу наиболее активных передовых ученых, что целесообразно выделить новое направление астрономии, которое занялось бы изучением физической природы небесных тел. Эти многочисленные пионеры астрофизики, естественно, стремились создать собственные институты, оснащенные спе-





циальными инструментами и способные осуществлять новые исследования.

Одной из авторитетных фигур в ученом мире был тогда немецкий астроном Вильгельм Фёрстер (1832–1921). Он многое сделал для образования институтов, организаций и проведения различных мероприятий, призванных служить развитию астрономии. Здесь прежде всего стоит назвать основание «Астрономического общества» и организацию во многих странах работ по измерениям Земли. Фёрстер, тесно связанный с Цёльнером, своевременно понял значение астрофизики и приступил к созданию специального института для изучения физики Солнца и звезд.

По инициативе Цёльнера в Боткампе, близ Кия, была построена обсерватория, которая должна была заниматься астрофизическими исследованиями. Руководил обсерваторией ученик Цёльнера Герман Карл Фогель (1841–1907).

Он впервые попытался определить лучевую скорость звезд, измеряя смещение спектральных линий, и разработал расширенную спектральную классификацию, которая хорошо согласовалась с гипотезой эволюции звезд.

В Боткампе также зародилась идея создания более крупного физического института. Осенью 1871 г. Фёрстер разработал документ, где наметил круг задач предполагаемой «обсерватории Солнца». Фёрстер предлагал исследовать не только процессы на Солнце и в его окрестностях, но и связать эти исследования также «с измерениями всех прямых и косвенных воздействий Солнца на земные процессы, особенно с наблюдениями земного магнетизма, морских течений, атмосферного электричества, температурой воздуха, почвы и давлением, учитывая при этом соответствующие исследования в новой области общей физики неба».

Подобный «исследовательский комплекс», однако, не укладывался в головах консервативных и весьма узкомыслящих ученых мужей. Особенно отличилась при этом старая школа метеорологов, возглавляемая профессором Дове, которая ниче-

Башня телескопа (в разрезе) для наблюдения Солнца в обсерватории Маунт-Вилсон. Купол оборудован целостатом, с помощью которого свет направляют в шахту башни. Исследовательская лаборатория находится под землей.

го не хотела знать «о вмешательстве пятен и вспышек на Солнце в состояние земной погоды». Руководители Академии «сокрушенно качали головами, как только речь заходила о проекте», — вспоминал Фёрстер. Такое отношение замедлило реализацию плана Фёрстера. Лишь поздней осенью 1874 г. на Телеграфной горе в Потсдаме начались строительные работы.

Первым директором нового исследовательского центра был назначен Г. К. Фогель. Потсдамская обсерватория в первые десятилетия своего существования дала миру немало крупных работ, которые внесли существенный вклад в развитие астрофизики и тем самым в более глубокое познание объективных законов движения и развития Вселенной.

## Как быстры звезды?

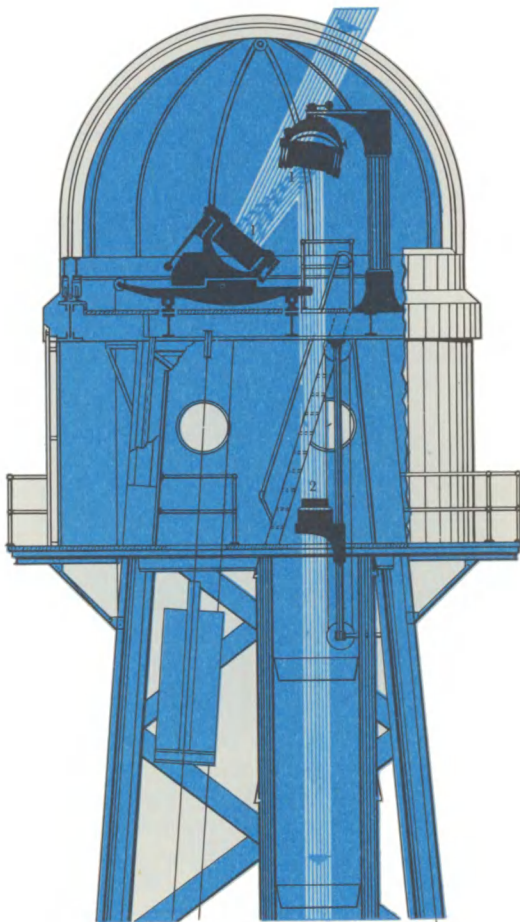
Одним из достижений потсдамских астрофизиков — наряду с выполнением ряда больших обзорных программ (например, Потсдамского фотометрического обзора) — является работа Фогеля и его сотрудников по измерению линейных смещений в спектрах звезд. По совету Цёльнера, Фогель еще в период пребывания в Боткампе предпринял попытку оценить величину смещений линий в спектрах звезд путем сравнения с лабораторными данными. Таким путем Фогель предполагал определить радиальные компоненты скорости звезд.

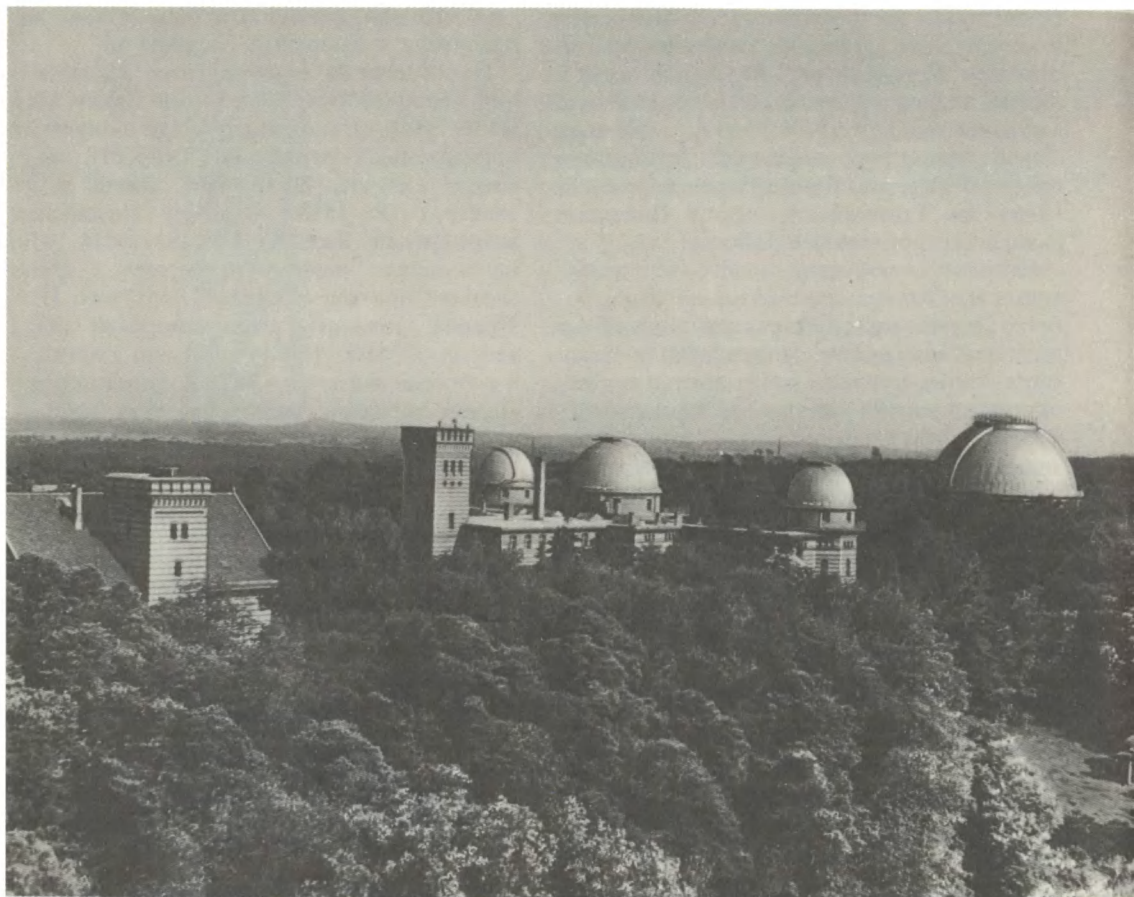
Теоретические основы этого метода были заложены в классических работах австрийского физика и математика Кристиана Доплера (1803–1853). В 1842 г. он впервые высказал предположение, что частота электромагнитного излучения, воспринимаемого наблюдателем от быстро движущегося источника, должна изменяться, когда источник приближается или удаляется в радиальном направлении, и это смещение можно измерить. Если светящийся объект со значительной скоростью приближается к наблюдателю (или удаляется от него) в направлении луча зрения, то цвет светового пучка изменяется. Эти рассуждения позволили астрономам сделать далеко идущее предположение: все звезды от природы являются белыми, а их видимая различная окраска обусловлена

тем, что они движутся в радиальном направлении с высокими скоростями.

На основании спектральных исследований неподвижных звезд юный Эрнст Мах (1838–1916) установил, что для получения информации о радиальной скорости звезд следует изучать положение линий в их спектрах. В 1868 г. пионер английской астрофизики Уильям Хёггинс (1824–1910) предпринял первые измерения яркой звезды Сириус в созвездии Большого Пса. Правда, точность этих измерений была весьма низкой. Не лучше дело обстояло и у Фогеля, когда он в 1871 г. попытался измерить смещение линий в спектрах света от противоположных краев солнечного диска, надеясь таким образом определить ско-

Конструкция телескопа для наблюдения Солнца в обсерватории Маунт-Вилсон; показаны два отклоняющих зеркала целостата (1), направляющие свет в шахту башни, где расположен объектив, который может перемещаться по высоте.





Потсдамская астрофизическая обсерватория (ГДР).

рость вращения Солнца. Несколькими годами позже Фогель применил для этих целей метод фотографирования звезд, оказавшийся весьма результативным. Фотопластинка позволяла существенно увеличить точность измерений. Живой интерес специалистов вызвала работа Фогеля «Об определении скорости звезд вдоль радиуса визирования с помощью спектрографических наблюдений». Здесь были приведены данные о лучевых скоростях Сириуса, Прокциона, Ригеля и Арктура. Четыре года спустя Фогель развил свой метод дальше и убедительно продемонстрировал пригодность полученных им результатов.

Применение спектроскопии для изучения звезд принесло Фогелю и другой шумный успех. В спектре двух переменных звезд (Алголь в созвездии Персея,  $\beta$  Персея, и Спика в созвездии Девы,  $\alpha$  Девы) он обнаружил периодические смещения линий.

Фогель объяснил этот факт, предположив, что Алголь не является отдельной звездой, а представляет собой систему из двух звезд — двойную звезду. Движение компонентов системы вокруг общего центра тяжести приводит к тому, что линии в спектре одной из звезд смещаются в красную область (когда она удаляется от наблюдателя) и в синюю (когда она приближается к нему). Поскольку оба компонента оптически неразличимы, эти два спектра накладываются друг на друга, и движение проявляется в периодическом смещении линий.

С того момента, когда примерно в 1669 г. итальянский астроном Монтанари обнаружил изменения светимости Алголя, ученые тщетно пытались найти причину того, что в течение примерно 69 ч яркость звезды уменьшается больше чем на одну звездную величину, затем на короткое время увеличивается, а потом снова в течение 69 ч падает до прежнего значения. Фогель лишил звезду ее таинственности. Более то-



го, совместно с астрономом Юлиусом Шейнером (1858–1913) он на основании спектральных фотосъемок получил целый ряд данных о системах двойных звезд, их диаметрах, а также значениях лучевых скоростей ярких компонент и расстояниях между ними. Таким образом, Потсдамская астрофизическая обсерватория проложила путь к систематическому изучению изменяющихся объектов Вселенной, и в частности спектроскопическому исследованию двойных звезд.

Метод измерения лучевых скоростей звезд был значительно усовершенствован Пикерингом, который предложил помещать перед объективом телескопа огромную призму и с ее помощью одновременно получать множество звездных спектров. Этот метод сыграл большую роль и при проведении «спектральных обзоров».

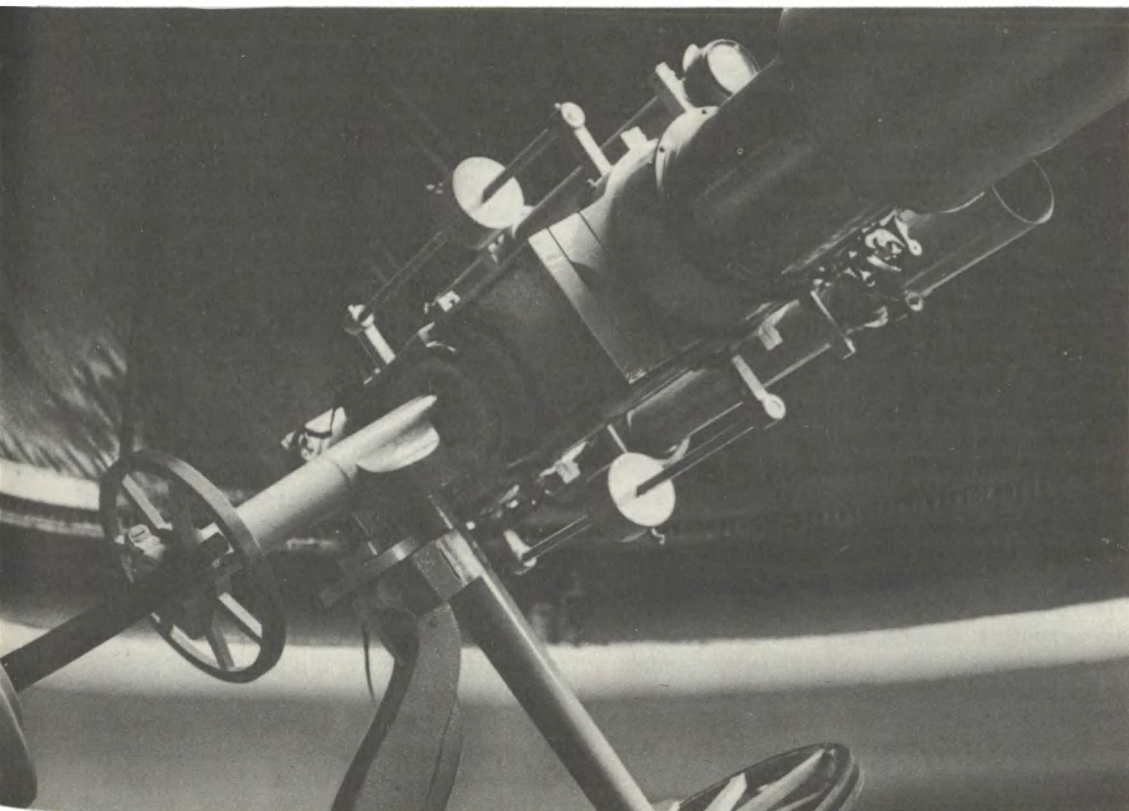
Астрограф Дрэпера. Этот прибор был использован в Гарвардской обсерватории для проведения работ по спектральной классификации звезд. Сейчас инструмент находится в Коперниковской обсерватории в Тóруне (ПНР).

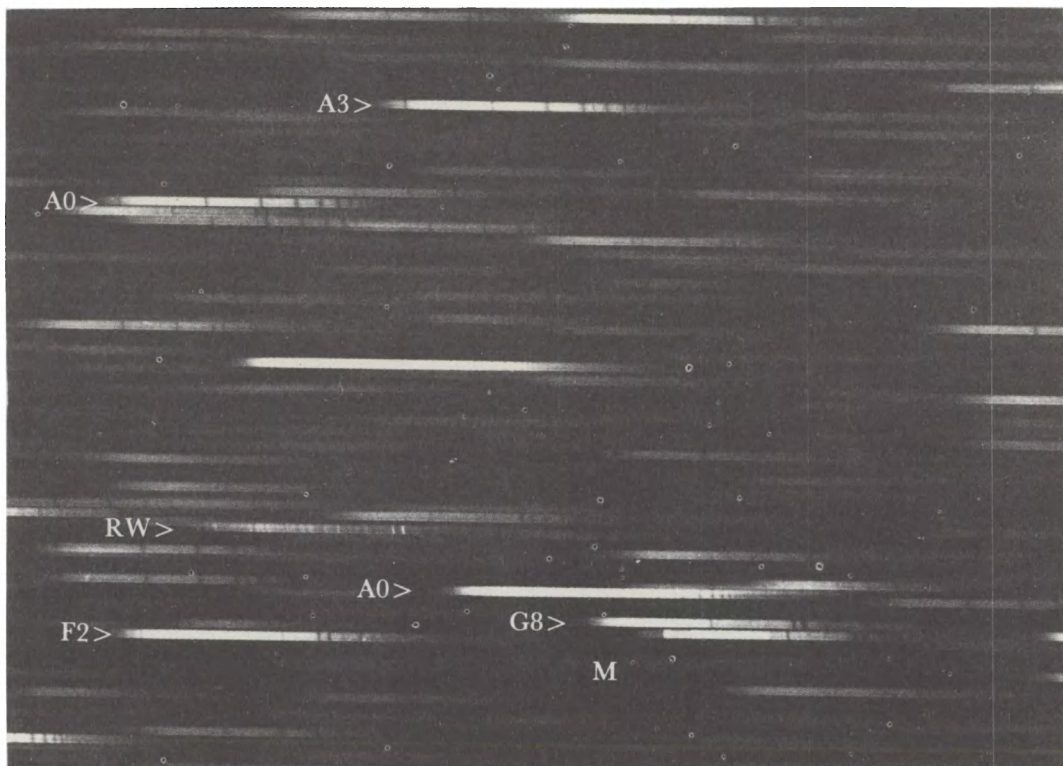
Только благодаря ему Гарвардская обсерватория смогла в течение 6 лет создать каталог, содержащий спектры 225 300 звезд.

Однако первоначально лишь очень немногие ученые смогли оценить важность и необходимость астрофизических исследований. Следует помнить, что тем богатством астрофизических результатов, которое удалось накопить к концу XIX в., мы прежде всего обязаны вдохновенному труду малой группы ученых. И в большинстве своем это были физики, интересовавшиеся исследованием Вселенной и смело применявшие новые методы для получения новых знаний о космических объектах.

«Классические» же астрономы занимались выполнением глобальных программ по сбору данных, главным образом в области позиционной астрономии. Их кредо в свое время сформулировал Бессель, видевший главную задачу астрономии в определении положений звезд и вычислении движений небесных тел.

Огромные усилия для решения этой задачи предпринимал ученик Бесселя Аргеландер. Он предложил основанному





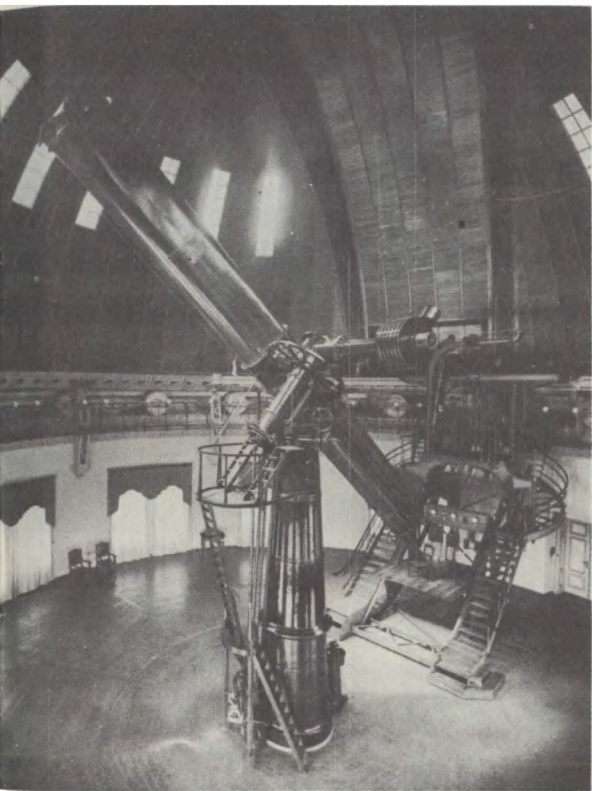
Увеличенная часть снимка области неба, полученного с помощью призмленного объектива. Видны звезды различных спектральных классов.

в 1863 г. Астрономическому обществу обширный проект, предполагавший наблюдение всех звезд со склонениями в интервале от  $-2$  до  $+80^\circ$  и яркостью вплоть до 9-й звездной величины. В реализации этого плана участвовали 17 обсерваторий мира, в том числе обсерватории в Пулкове, Бонне и Берлине. (Было также решено через 50 лет полностью повторить эту программу, чтобы иметь возможность получить «непротиворечивые сведения» о собственном движении звезд). Этому вопросу посвящались и многочисленные публикации. Так, в известном журнале *Astronomische Nachrichten* — рупоре международной астрономии — почти за все девятнадцатое столетие (включая решающее для развития астрофизики десятилетие 1870 — 1880 гг.) опубликованные работы по астрофизике составляли только около 2%. Остальные 98% приходились на долю данных об астероидах, кометах и пр. Но именно эта незначительная по объему доля астрофизических работ за исторически короткий про-

межуток времени привела к коренному изменению проблематики астрономических исследований и открытию новых путей познания.

Однако неоспоримые успехи первых десятилетий нового направления: спектроскопическое изучение звездного света, улучшение методов измерения яркости и робкие попытки использовать фотографию для астрономических исследований — были только прелюдией к тому, что последовало в двадцатом столетии.

Решающий сдвиг в положении астрофизики и ее роли в исследовании космических процессов произошел в начале нашего века, ознаменовавшегося бурным развитием теоретической физики, символами которой являются пионеры современной физики — Макс Планк (1858–1947) и Альберт Эйнштейн (1879–1955). Импульсы обновления, которые внесли в физику эти великие умы, открыли новые пути к пониманию процессов во Вселенной и способствовали такому взлету науки, о каком и не могли помышлять ученые, стоявшие у колыбели астрофизики. Достижения теоретической физики служили своего рода компасом, который



Двойной рефрактор Потсдамской астрофизической обсерватории.

указывал направление пока еще плывущим в потемках исследованиям и вел к истине сенсационным результатам.

## Универсальная постоянная природы

Все началось с того, что к 1900 г. Макс Планк завершил «программу», вот уже четыре десятилетия стоявшую на повестке дня — со времени открытий Кирхгофа. Как установил Кирхгоф, отношение поглощательной способности тел к их излучательной температурой тела и длиной волны излучения и совершенно не зависит от специфических свойств излучающих тел. Однако можно представить такое тело, которое при любой температуре полностью поглощает весь падающий на него поток излучения независимо от длины волны. Такое тело Кирхгоф назвал «абсолютно черным те-

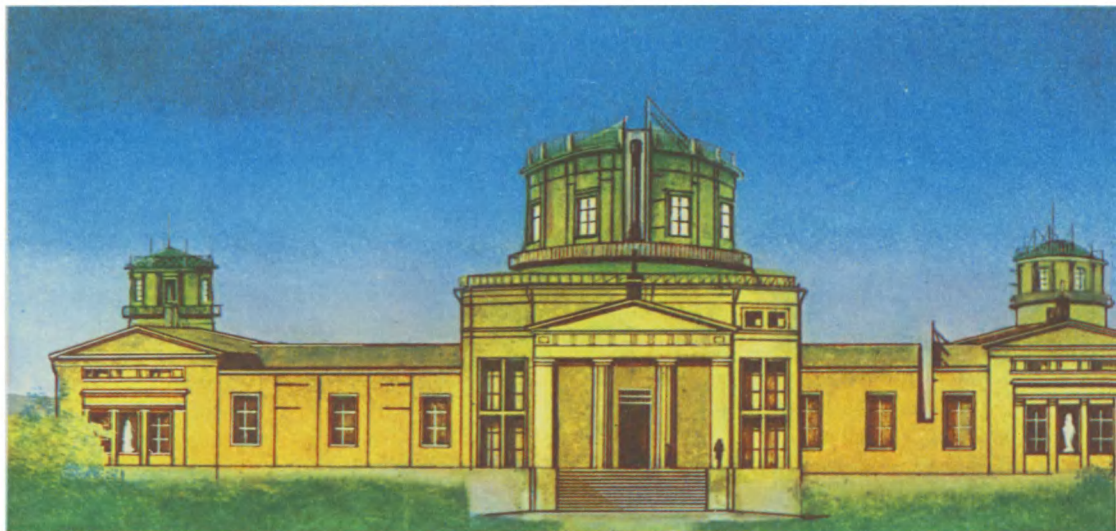
лом». Следовательно, должна была существовать некая функция, зависящая от температуры и длины волны, которая отражала бы процесс изменения энергии света. Физики упорно искали эту функцию. Для астрономии она, без сомнения, представляла особый интерес, поскольку давала бы возможность определять температуры неподвижных звезд, исходя из вполне научно обоснованных предположений.

Было предпринято немало активных попыток установить закон излучения тел. В качестве примера можно назвать закон Вина, формулу Рэлея (Дж. У. Стретт, 1842–1919 гг.). Но лишь Планку удалось вывести формулу, справедливую для всех длин волн, которая хорошо согласовалась с практическими результатами.

Планк отчетливо понимал универсальность найденного им соотношения, но, к сожалению, поначалу не смог дать ему должного физического толкования. Он писал, что «формула излучения, выражающая случайно отгаданный закон, имеет лишь чисто формальное значение». Другими словами, отсутствовала теория, из которой неизбежно следовал бы найденный закон излучения. Макс Планку это обстоятельство представлялось в высшей степени неудовлетворительным. Он приложил все усилия, чтобы придать найденной формуле физический смысл. Особой «достопримечательностью» формулы Планка была так называемая универсальная постоянная, имеющая чрезвычайно малую величину —  $6,625 \cdot 10^{-27}$  эрг · с. Поскольку формула Планка очень точно описывала распределение энергии в спектре, это число должно было иметь существенное значение для характеристики процесса излучения энергии. После сравнительно непродолжительной, но весьма напряженной работы Планку удалось получить результат, который полностью изменил существовавшие тогда представления о процессе излучения.

Позднее сам Планк оценивал работу, проделанную им за несколько недель — с момента вывода формулы до ее объяснения, — как самую трудную в своей жизни. Результат гласил: в процессе излучения энергия отдается или принимается не просто некоторыми небольшими количествами, а вполне определенными малыми «порциями» — квантами. Величина такого кван-





Знаменитая Пулковская обсерватория. Выполненные здесь исследования принесли мировую славу русской и советской астрономии.

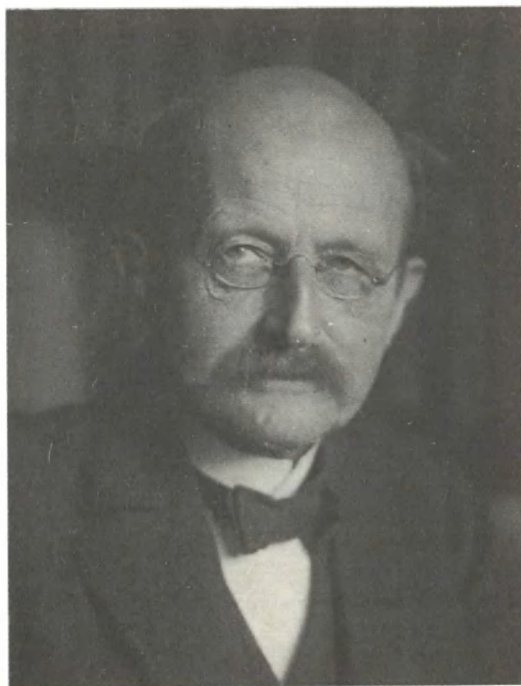
та энергии равна произведению частоты испускаемого или поглощаемого излучения на указанную выше константу, которая сегодня известна как «постоянная Планка»<sup>1</sup>. 14 декабря 1900 г., когда Макс Планк представил свою работу «К теории закона распределения энергии в нормальном спектре» Берлинскому физическому обществу, считается днем рождения квантовой физики.

Основополагающее открытие Планка послужило началом эры всестороннего изучения микромира атомов и элементарных частиц, о которых сам Планк, как и многие другие, говорил с большим скептицизмом. Планк дал теоретическое толкование своего закона излучения, не делая никаких конкретных предположений о его происхождении, и тем более об атомах как излучающих структурах. Лишь несколько лет спустя благодаря развитию знаний об атоме прежде всего в результате исследований по рассеиванию, выполненных Филипп Ленардом (1862–1947) и Эрнестом Резерфордом (1871–1937), стало возможным связать оба представления. Это было сделано великим датским физиком Нильсом Бором (1885–1962), сумевшим соединить квантовую концепцию со структурой атома и объяснить природу атомных спектров,

в частности все особенности спектра водорода. На основе этих новых воззрений Арнольд Зоммерфельд (1868–1951), Вернер Гейзенберг (1901–1976) и другие известные физики позднее разработали квантовую теорию, которая позволила человеку проникнуть в глубины микрокосма.

Связь между атомной физикой и физикой элементарных частиц, с одной сто-

Макс Планк.



<sup>1</sup>  $h = (6,626196 \pm 0,000050) \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

роны, и астрофизикой – с другой, со временем стала настолько тесной, что сегодня с полным правом можно утверждать: без физики микромира невозможна физика космоса и наоборот.

Оптимальное использование информации, скрытой в свете звезд, возможно лишь при наличии достоверной теории о возникновении и распространении звездного света. Современная астрофизика неразрывно связана с атомной и ядерной физикой.

Но подобные воззрения утвердились лишь в процессе длительной научной борьбы. Квантовая гипотеза Планка вначале натолкнулась на величайшее недоверие. Так, спустя уже 10 лет после публикации первой работы Планка, известный ученый Анри Пуанкаре (1854–1912) выступал как открытый противник новых взглядов. Арнольд Зоммерфельд – позднее один из пионеров новой физики – также выражал свои сомнения и держался выжидательно.

Когда через 20 лет после открытия Планка индийский астрофизик Мегнад Саха (1893–1956) применил квантовую теорию к звездным спектрам и вывел свою знаменитую формулу состояния ионизации газов при высоких давлениях и температурах, редакторы американского журнала *Astrophysical Journal* не решались публиковать его работу, считая ее слишком умозрительной.

Различное отношение ученых к открытому Планком закону, безусловно, отражало различие мировоззрений естествоиспытателей. Например, Эрнст Мах, Вильгельм Оствальд и Вернер Гейзенберг пытались интерпретировать новые достижения есте-

ствознания в духе так называемого «физического» идеализма, тогда как великий австрийский физик и математик Людвиг Больцман (1844–1906), а с середины 90-х годов Макс Планк и многие другие исследователи придерживались материалистического подхода, который, вообще говоря, представлялся тогда стихийным и философски недостаточно обоснованным. Формула Планка, утверждавшая, что энергия передается дискретно, малыми квантами, подрывала основы естествознания XVIII–XIX вв., которое исходило из того, что природа не терпит «скачков».

Открытие Планком закона излучения вело к более глубокому пониманию человеком материальных процессов, происходящих в космосе, к постижению тайн природы и утверждению своего господства над ней.

Без современной физики мы ничего не знали бы о составе звездных атмосфер – внешних оболочек звезд, где, собственно, и рождается достигающий нас звездный свет. Без квантовой теории мы не могли бы «проникнуть» во внутреннее строение звезд. Без ядерной физики для нас оставались бы загадкой источники звездной энергии. Само существование огромных источников энергии в космосе, жизнь звезд с момента рождения до смерти – все это оставалось бы для нас тайной, если бы не активная совместная работа физиков и астрофизиков, которая в последние полвека ознаменовалась впечатляющими успехами и немало способствовала уточнению научной картины мира.



Астрология – средневековое аллегорическое изображение.



---

# РОЖДЕНИЕ И СМЕРТЬ ЗВЕЗД

Если хочешь знать, старо ли существо, очень ли старо или еще могло бы называться молодым, то не нужно считать годы существования, следует оценить лишь отношение, которое оно проявляет ко времени.

*Иммануил Кант*

---

## От Адама до Ноя

Когда в безоблачную ночь мы устремляем взгляд к небосводу, усеянному звездами, то они представляются нам — в отличие от быстро текущих событий на Земле — застывшими в вечной неизменности. Длительные наблюдения, казалось бы, лишь усиливают это первое впечатление. Картина звездного неба в наши дни мало чем отличается от той, которую наблюдали греческие астрономы примерно 2000 лет назад.

Меняется ли вообще эта картина? Одновременно ли возникли все видимые ныне небесные объекты в процессе какого-то одного-единственного «акта творения» или они создавались постепенно, естественным образом и, так же как все на Земле, изменяются, развиваются и в конце концов погибают?

Из глубокой древности дошли до нас и такие поэтические слова: «Предания рассказывают, что мир наш — Земля с ее цветами и плодами, прозрачные ручьи и источники, Солнце и Луна, день и ночь и быстрые ветры — не всегда выглядел так, как сегодня. Весь мир был когда-то клубящимся черным Хаосом, безграничным и бесформенным. И из этого Хаоса появилась наша Земля во всей ее бескрайности и неповторимости. Из Хаоса сама богиня Гейя — Земля — вышла. Оттуда же, из Хаоса, возник и бог Уран — высокое звездное небо».

Конечно, подобные представления кажутся нам сегодня примитивными и наивными, но и в них уже проглядывает концепция развития, присущего миру в целом. Разумеется, эти стихийные материалистические взгляды в свое время резко диссонировали с религиозным толкованием сотворения мира. По сути, уже издавна проявились две

принципиально различные мировоззренческие позиции: материалистическая и идеалистическая. Во все века, пока господствовала птолемеева картина мира, идея божественного происхождения мира была доминирующей. Только учение Коперника открыло дорогу научному подходу к вопросу о возникновении планетной системы и к изучению ее строения. Однако вначале никто не отваживался сделать первый шаг, поскольку гелиоцентрическая система мира долго представлялась лишь гипотезой и ее положения невозможно было обосновать научно. Сдвиги в этом направлении наметились лишь после того, как Ньютон открыл закон всемирного тяготения: если под действием гравитации могла прийти в движение вся «мировая машина», то нетрудно допустить, что она же, гравитация, могла способствовать и становлению этой машины.

Сам Ньютон, правда, так и не сделал решающего шага. Идея естественного развития мироздания требовала огромного мужества и последовательного научного подхода, поскольку полностью противоречила религиозным догмам о божественном творении мира, за которое столь цепко держались церковь и власть имущие. Согласно господствовавшим тогда взглядам, все, что создано богом в момент творения, должно вечно и неизменно оставаться на своих местах. Различные виды растительного и животного мира религия рассматривала просто как ступеньки «естественной шкалы», каждая из которых отличается своей, но никогда не меняющейся степенью совершенства. Тот же принцип должен господствовать и на небесном своде: однажды приведенные богом в движение небесные тела должны все время вращаться в одном и том же порядке. Лишь от случая к слу-

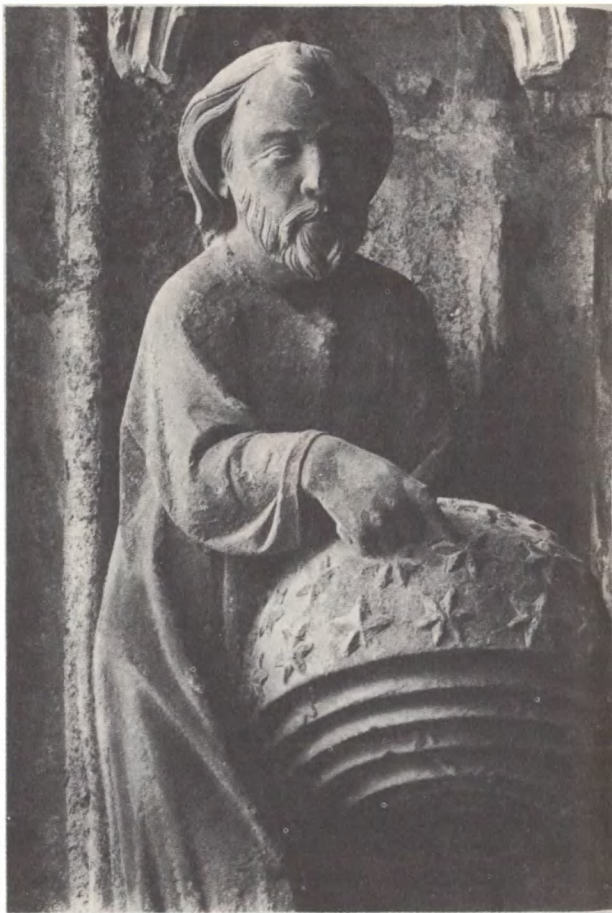
чаю, как полагал даже Ньютон, бог должен был вмешиваться, чтобы «исправить» кое-какие отклонения в небесной механике.

Возраст этого сотворенного богом мира отцы церкви считали хорошо известным. Книги Ветхого завета, рассказывающие историю человечества от Адама до Ноя и т. д., с определенностью указывали время начала божественного творения мира и создания неба и Земли. Даже Кеплер разделял широко распространенное убеждение, что 1595 г. является 5572 годом с момента сотворения мира. В XVIII в. английский ученый Джон Литфут из Кембриджа всерьез заявлял: «Небо, Земля и человек были сотворены святой троицей одновременно — и случилось это 23 октября 4004 года до рождения Христова, в 9 часов утра».

Лишь тщательное изучение природы посредством наблюдений и сделанные на основании этого предположения сначала колебали, а затем привели к полному краху эту казавшуюся столь незыблемой картину мира. Наука — прежде всего астрономия, биология и геология — постепенно обогащалась материалом, который никак не укладывался в представления о божественном творении мира.

На, казалось бы, неизменном небе то там, то здесь неожиданно появлялись, а затем быстро исчезали кометы. Сначала на них не обращали особого внимания, полагая, что они представляют собой атмосферные испарения и потому не имеют никакого отношения к небесным явлениям. Однако подобное воззрение продержалось недолго. В 1577 г. внимание людей привлек великолепный экземпляр из семейства комет. Тихо Браге проследил этот объект со всей доступной ему и его инструменту точностью и сравнил результаты своих наблюдений с результатами коллег, наблюдавших комету из различных мест. Материалы наблюдений кометы позволили Браге сделать удивительное открытие: оказалось, что комета движется сквозь планетную систему. Но в таком случае она должна была пронзять аристотелевы «планетные сферы», а следовательно, находиться вне «подлунного мира», т. е. там, где опять же, согласно Аристотелю, не должно происходить никаких изменений.

Однако дело не ограничилось кометами. Далее были открыты звезды с периодически меняющейся яркостью, например «дьявольская звезда» Алголь в созвездии Пер-



«Бог указывает звездам их пути» — скульптура (около 1350 г.) на северном портале Фрайбергского собора.

сея, блеск которой примерно за трое суток изменялся более чем на звездную величину. И наконец, еще два чрезвычайных события, последовавшие одно за другим в конце XVI — начале XVII вв.: «Сверхновая Тихо» 1572 года и «Сверхновая Кеплера» 1604 года. Эти две «новые» звезды весьма неожиданно появились там, где прежде не замечалось никаких даже слабо светящихся звездочек; естественно, их рассматривали как вновь возникшие небесные объекты и принялись тщательно исследовать.

Тихо Браге опубликовал результаты своих наблюдений в капитальном труде, который вышел в 1573 г. в Копенгагене. В нем Браге уделил особое внимание явлению параллакса и таким образом доказал, что новая звезда принадлежит сфере неподвижных звезд.

## Мир, построенный из материи

Со времен античности идея развития, как, впрочем, и весь багаж знаний, сформировавшийся в период расцвета греческого естествознания, никогда не покидала умы исследователей. Мы уже говорили об особой роли арабской науки как посредника между античностью и европейским Ренессансом. Поэтому здесь достаточно лишь отметить, что идея развития — пусть в очень осторожных формулировках — нередко перенималась европейцами у арабских мыслителей средневековья и развивалась дальше.

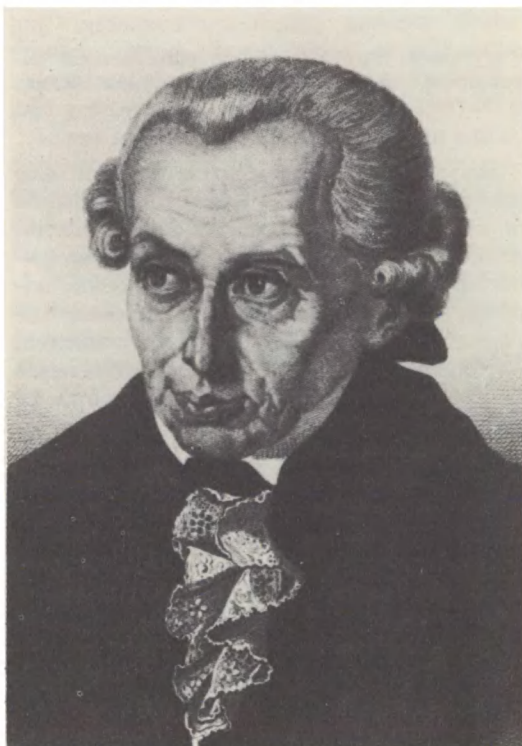
Возникшая примерно в конце X в. в Басре тайная организация «Чистые братья» собрала многие античные и более поздние данные, касающиеся живой природы, и предложила свою классификацию живых существ. Эта «шкала природы» существенным образом отличалась от аристотелевой. «Чистые братья» полагали, что животные не вполне совершенные существа и поэтому в процессе развития должны предшествовать более совершенным, для формирования которых потребовалось значительно больше времени. Приблизительно тогда же таджикский философ Авиценна (Ибн Сина, 980–1037) высказал мысли о развитии земной поверхности. В своем «Трактате о камнях» он подчеркивал, что наблюдаемые ныне земные структуры могли возникнуть лишь за очень продолжительные промежутки времени в результате движения земной коры (землетрясений), а также воздействия ветра и воды. В качестве доказательства историчности явлений на Земле, объективного существования материи и вечности мира Авиценна указывал на окаменевшие отпечатки живых существ.

Главный же штурм метафизического мировоззрения, рассматривающего все в природе как «содеянное одним махом», произошел в период Возрождения и последовавшую затем эпоху просвещения. Как подчеркивал Энгельс, именно социальные и экономические преобразования послужили основой для нового революционного образа мыслей той эпохи. Философия не в состоянии развиваться, опираясь только на абстрактную мысль, — ее прогресс стал возможным благодаря мощному поступательному движению вперед естествознания и производства.

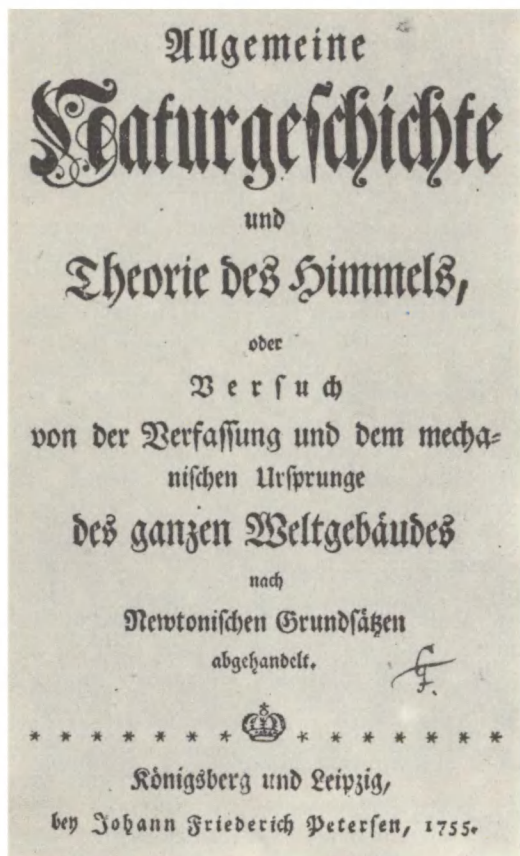
Наука в те времена в основном отождествлялась с «математическим естествознанием». Убедительные успехи механики породили механистический подход к природным явлениям и на первоначальном этапе способствовали формированию механистического материализма, который, безусловно, являл собой заметный прогресс по сравнению с господствовавшей тогда средневековой схоластикой.

Иммануил Кант (1724–1804) первоначально также считал механику основой науки и, исходя из нее, строил свою философию. Ранние сочинения Канта, написанные в период 1746–1768 гг., посвящены главным образом философским проблемам естественных наук. Критический и смелый дух сочинений Канта того периода проявился уже в работе «Мысли об истинной оценке живых сил», написанной в 1747 г. 23-летним студентом. Здесь он делает попытку количественно оценить движение, твердо заявляя при этом, что, когда речь идет об истине, он не признает «никакого другого способа убеждения, кроме языка разума», и порой может даже «не посчитаться с суждениями Ньютона и Лейбница».

Иммануил Кант.







Титульный лист «Всеобщей естественной истории и теории неба» Иммануила Канта (1755 г.).

Без сомнения, самым значительным произведением раннего Канта, сыгравшим огромную роль как в дальнейшем развитии естественных наук, так и в становлении философско-мировоззренческих взглядов вообще, была его «Всеобщая естественная история и теория неба». В этом сочинении, опубликованном в 1755 г., Кант обратился к кругу сложнейших проблем, стоявших на повестке дня современного ему естествознания, даже сама постановка которых была сопряжена со множеством трудностей. Если не считать вихревой гипотезы Декарта, в то время не предпринималось никаких серьезных попыток решить вопросы мироздания. Кант в своей работе коснулся темы, которая была монополией церкви, считавшейся здесь единственно компетентной. Отсюда совершенно очевидно, сколько мужества, решительности, богатства мысли

и оптимизма потребовалось уже просто для того, чтобы поставить перед собой подобную задачу.

Хорошо представляя сложность своей работы, Кант еще в предисловии к книге писал: «Я избрал тему, которая по своей внутренней трудности, а также с точки зрения религии способна с самого начала вызвать у читателей неодобрение и предубеждение». И он многословно заверял читателей, что приступил к написанию этого произведения, «лишь убедившись, что оно не противоречит требованиям религии». Кант глубоко задумывался над тем, насколько его теоретические построения согласуются с его верой и религиозными воззрениями.

В чем же суть «Всеобщей естественной истории» Канта? В предисловии он кратко изложил наиболее существенные положения своей концепции: «Я представляю себе материю Вселенной в состоянии всеобщего рассеяния и полного хаоса. Я вижу, как на основе всем известных законов притяжения начинает формироваться вещество и как благодаря отталкиванию видоизменяется движение материи. Я испытываю чувство удовлетворения, убеждаясь, как без помощи произвольных вымыслов создается под действием всем известных законов движения благоустроенное целое, столь схожее с той системой мира, которая находится у нас перед глазами, что я не могу не признать его за эту самую систему»<sup>1</sup>.

Историческая заслуга Канта состоит в том, что он попытался объяснить естественное возникновение и закономерное развитие всех небесных объектов, исходя из наличия движения, присущего материи. Он утверждал, что солнца, планеты, их луны, а также солнечные системы движутся и изменяются в соответствии с одними и теми же принципиальными законами. Изначального существования хаотически распределенной материи и действия всеобщего притяжения масс, по мнению Канта, было достаточно для того, чтобы совершенно естественным образом объяснить становление мира во всем его многообразии. В его предисловии в нескольких вариантах неоднократно повторяется фраза: «Дайте мне материю, и я построю из нее мир...».

<sup>1</sup> Цитируется по книге «Жизнь науки». — М.: Наука, 1973, с. 407.

«Всеобщая естественная история» Канта делится на три части. В первой из них говорится о «систематическом расположении неподвижных звезд и о множественности подобных систем неподвижных звезд». В третьей части Кант предпринимает попытку сравнить, исходя из природных аналогий, жителей различных планет — в то время их обитаемость была вне сомнений. Во второй части, самой обширной и наиболее значительной по содержанию, Кант подробно рассматривает вопросы возникновения всех тел Вселенной из упомянутой выше «хаотически распределенной материи». Этот изначальный хаос не мог, по Канту, существовать бесконечно долго: «Если в очень большом пространстве имеется точка, в которой притяжение сильнее, чем в окружающем пространстве, то вещество, рассеянное по всему объему в виде мельчайших частиц, будет стягиваться к этой точке. Первым проявлением этого всеобщего стягивания будет образование тела в самом центре притяжения. Из бесконечно малого зародыша это тело очень быстро увеличивается до больших размеров». Но наряду с притяжением действуют и силы отталкивания, которые возникают при встрече различных частиц, движущихся к центру; поэтому не всем частицам удается беспрепятственно достичь центра. В результате одновременно образуются новые центры, где формируются периферийные тела, вращающиеся вокруг центральных тел.

Таким образом, спустя почти 100 лет после Декарта, попытавшегося еще в первой половине XVII в. представить возникновение мира как естественный процесс развития, Кант в своей «Всеобщей естественной истории» предпринял новую серьезнейшую попытку показать историю космоса, основываясь на физических законах.

При этом он не ограничился космогонией спутников, планет, солнц и звездных систем, а дал наброски ошеломляющей картины находящейся в непрерывном развитии Вселенной как единого целого. В седьмой главе второй части его книги мы читаем: «Вероятно, прошло много миллионов лет и столетий, прежде чем сфера природы, окружающей нас теперь, достигла совершенства; возможно, потребуется не менее длительный период, чтобы природа сделала такой же большой шаг в хаос: сама

по себе сфера природы имеет тенденцию к непрерывному расширению. Создание не является действием мгновенным. После того как было положено начало возникновению бесконечных субстанций материи, ... стала возможной и вся последовательность развития. Пройдут миллионы и «множества» миллионов столетий, в течение которых будут одни за другим образовываться новые миры, новые мировые системы ... и стремиться к совершенству».

Что такое 6000 лет (возраст Вселенной согласно Библии) по сравнению с «множествами миллионов столетий» Канта?

Остроумный и глубокомысленный современник Канта, гёттингенский профессор физики Георг Кристоф Лихтенберг (1742–1799), саркастически замечал: «Волосы встанут дыбом, когда подумаешь, сколько времени и усилий ушло на толкование Библии... Какова же цена этих усилий? Очевидно, никакая другая, кроме той, что Библия — это всего-навсего книга, написанная людьми, как и все книги». Далее, имея в виду общественные условия, Лихтенберг добавляет: «... подобное могло бы уже давно случиться, если бы не наше воспитание... и если бы современное положение вещей не противилось этому».

Идея развития, которую в своей космогонии проповедовал Кант, сначала была принята лишь отдельными естественнонаучными дисциплинами, но со временем она утвердилась повсюду.

Значительную роль в преодолении метафизических представлений о природе сыграла геология. За год до выхода «Всеобщей естественной истории и теории неба» Кант в своей работе «Исследование вопроса, претерпела ли Земля ... некоторые изменения со времени своего возникновения» говорит, что для описания развития Земли, очевидно, необходимы совсем иные масштабы времени, чем те, которые определяют продолжительность человеческой жизни.

В начале XIX в. появились труды известных геологов — немца Карла Эрнста Хоффа (1771–1837) и англичанина Чарлза Лайела (1797–1875). В них утверждалось, что естественные изменения земной поверхности протекали в течение несравненно более длительных интервалов времени, чем это можно было бы предполагать исходя из библейского акта творения.

## Небулярная гипотеза Лапласа

В конце XVIII в. свою гипотезу эволюции космоса выдвинул известный французский физик Пьер Симон Лаплас. Он еще более решительно, чем Кант, отклонял догму сверхъестественного творения. Когда Наполеон однажды спросил его, почему в его произведениях абсолютно отсутствует бог, он самоуверенно ответил: «Сир, в этой гипотезе я не нуждаюсь!»

В отличие от Ньютона Лаплас весьма основательно сомневался в существовании «божественного плана построения мира». В своей основной работе — пятитомном «Трактате о небесной механике» — он попытался объяснить, как естественным образом, только под действием гравитации, обеспечивается стабильность планетных орбит. Лаплас математически доказал, что наблюдаемые в действительности неравномерности в движении планет, «которые долгое время представлялись исключениями из теории тяготения, теперь стали ее наиболее знаменательными доказательствами».

Ньютон в своих «Началах» предпринял первую робкую попытку проанализировать движения планет. При этом он рассматривал только влияние Солнца на планеты и планет на их спутники. В дальнейшем над развитием и более детальной разработкой теории Ньютона — но уже с учетом взаимного влияния всех тел Солнечной системы — активно работали Жан Д'Аламбер, Леонард Эйлер и Жозеф Луи Лагранж. Лаплас также потратил много сил, стремясь на основе законов механики свести движение всех небесных тел в единую систему.

Его «Трактат о небесной механике» представляет собой законченное исследование классической механики. В нем подробно анализируются приливы, изменения силы тяжести на земной поверхности, ускорения в движении Луны и другие явления. Лаплас лучше, чем кто-либо, сумел выявить закономерности многих небесных процессов и установить внутренние связи между явлениями, которые прежде казались абсолютно независимыми друг от друга.

Лаплас имел перед Кантом неоспоримое преимущество — он мог подкреплять свои рассуждения ссылками на новый эмпирический материал, который к тому времени был получен в Англии Вильямом Герше-

лем. Именно его гипотеза последовательности развития звезд и «туманных пятен» побудила Лапласа взяться за систематическую разработку теории возникновения Солнечной системы.

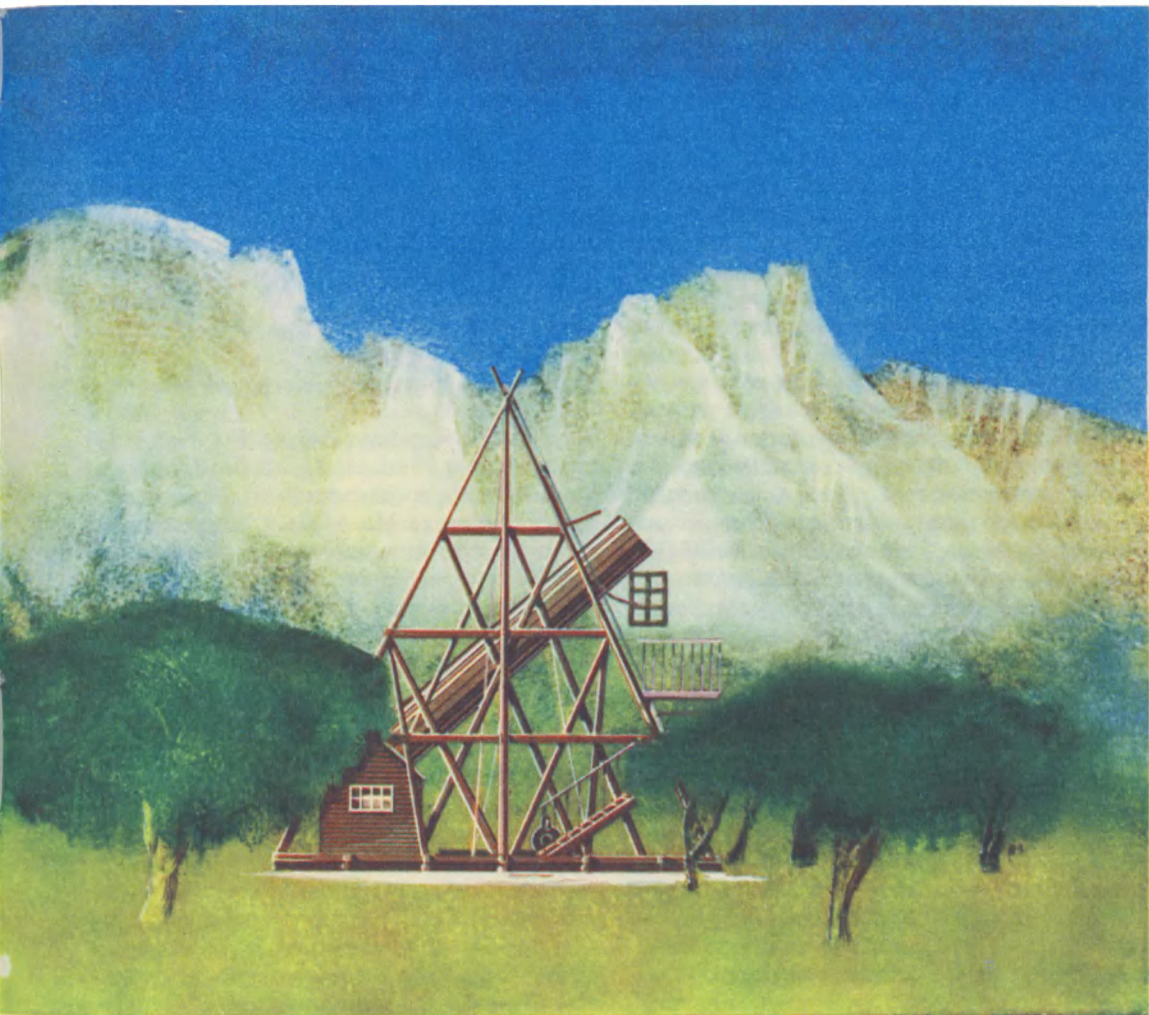
При этом Лаплас исходил из посылки о существовании протосолнца, которое вследствие быстрого вращения выбрасывало из экваториальной области в пространство массы вещества, послужившего в дальнейшем материалом для образования планет. Несмотря на различие исходных позиций Канта и Лапласа, обе эти гипотезы объединяла попытка объяснить образование и развитие небесных тел как результат естественных процессов. Именно в этом смысле нередко говорят о гипотезе Канта — Лапласа. Вполне естественно, что данная гипотеза, надолго сохранившая за собой репутацию наиболее научно обоснованной космогонической концепции, оказалась предметом дискуссий о научной картине мира. Несмотря на свою ограниченность, связанную прежде всего с чисто механистическим подходом к толкованию природных явлений, небулярная гипотеза Канта — Лапласа весьма способствовала становлению новых, эволюционных, взглядов на возникновение Вселенной.

## Великий исследователь неба

Астрономы уже знали, что на небе наблюдаются не только звезды, но и диффузные образования в виде туманностей. Все еще продолжалась путаница с давно известными «туманными звездами» и кометами. Чтобы внести ясность в этот вопрос, французский астроном Шарль Мессье (1730–1817) составил каталог, куда включил все известные ему туманности и звездные скопления — всего 103 объекта. Применяемое сегодня обозначение наиболее известных объектов включает букву М перед номером, что означает ссылку на этот первый каталог туманностей. Например, туманность Андромеды имеет каталожный номер М 31, а туманность Ориона — М 42.

Гершель также интересовался туманностями. Наблюдая небо в свой огромный телескоп, он вскоре убедился, что подобных объектов гораздо больше, чем содержится в каталоге Мессье. Продолжавшийся два десятилетия систематический поиск привел к созданию нового каталога туманностей,





Обсерватория Джона Гершеля на мысе Доброй Надежды — одна из первых обсерваторий в южном полушарии Земли.

насчитывающего уже более 2000 таких объектов.

Нельзя было не заметить разнообразия форм этих образований, что и побудило Гершеля классифицировать их по внешнему виду. При этом он исходил из того, что туманности не просто отражают космическое разнообразие форм, но свидетельствуют о различных стадиях космического развития. Очевидно, при создании своей классификации Гершель находился под влиянием эволюционной теории, которая становилась господствующей в современном ему естествознании прежде всего в биологии.

Первые соображения о становлении и развитии Вселенной появились у Гершеля еще в самом начале работы. Рассматривая в телескоп великолепную туманность Ориона, Гершель надеялся обнаружить изменения в этом ярком диффузном образовании. При этом он задался вопросом: к чему могли бы привести изменения с течением времени? Ему показалось разумным предположить, что некоторые звезды, окружающие туманность Ориона, возможно, состоят в естественном «родстве» с этой туманностью. Так, Гершель впервые — хотя и в очень осторожных формулировках — решился обозначить туманность Ориона как место рождения звезд.

Процесс рождения небесных тел Гершель представлял примерно так же, как и Кант, полагая, что он происходит путем «ступен-

чатого сгущения» мелкораздробленной материи туманности. Однако Гершель не удовлетворился чисто умозрительными рассуждениями, а попытался подкрепить их результатами наблюдений. Вполне естественно было задуматься над тем, не образованы ли туманности, располагающиеся относительно близко от некоторых звезд, из остатков звездного «строительного материала»? Не исключено, что эти «излишки» со временем под действием гравитационных сил могут быть постепенно втянуты в звезду.

Нельзя не восхищаться строгим и критическим подходом ученого к своим умозаключениям. Так, избегая поспешных выводов, Гершель тщательно исследовал ряд других возможностей. Он, в частности, предположил, что туманность состоит из отдельных звезд, но из-за чрезвычайной удаленности мы не в состоянии различить их. В таком случае в центре туманности должна находиться звезда колоссальных размеров, превосходящая все, «что мы подразумеваем под понятием звезды». Он допускал также, что центральная звезда — это обычная неподвижная звезда, а остальные звезды, составляющие туманность, много меньше обычных. Из этих рассуждений неизбежно вытекала следующая альтернатива: «... либо мы имеем центральное тело, которое не является звездой, либо имеем звезду, окруженную светящейся субстанцией, чье происхождение нам совершенно неизвестно». Гершелю представлялось более вероятным, что звезда может сформироваться путем сгущения «светящейся материи» совершенно неизвестного состава.

Однако Гершель, как когда-то и Кант, не считал, что выдвинутая им гипотеза решает проблему эволюции Вселенной. Отдельные звезды он рассматривал лишь как первую стадию постепенного образования систем неподвижных звезд, в котором решающая роль отводилась силам тяготения. Под действием гравитации, полагал он, звезды должны были стягиваться сначала в пары, затем в малые группы и, наконец, в скопление с высокой концентрацией звезд в центре.

Соответственно этой последовательности развития Гершель и классифицировал объекты. Сегодня мы знаем, что подобное воззрение не отвечает действительности. Но это ничуть не умаляет значения работы Гершеля, разработавшего гипотезу разви-

тия небесных объектов на основе законов природы и с учетом результатов наблюдений. Историческая заслуга Гершеля состоит в том, что он впервые исходил из принципа, составляющего основу современной космогонии: в окружающем космическом пространстве имеются всевозможные формы космических объектов, которые отображают временную последовательность развития Вселенной.

## О мужестве по-новому видеть старое

Гершель не был фантазером. Его гипотезы строились на убеждении, что без мужества и смелости исследователей невозможен прогресс в науке. Но, чтобы развивать идеи, далеко опережающие современное состояние знаний, необходимо обладать оптимистическим и вместе с тем вполне трезвым, реалистическим взглядом на вещи. И Гершель в полной мере обладал им. Он писал: «Если мои усилия будут безуспешны, то все же можно надеяться, что, сосредоточившись на усовершенствовании телескопов... и со всей старательностью использовав их для исследования неба, мы со временем настолько расширим наши знания, что сумеем воссоздать картину внутреннего строения неба».

Прогресс науки во многом зависит от того, находят ли новые революционные идеи признание у современников, ибо в противном случае они долго остаются бесплодными. Среди специалистов Гершель был признан ведущим астрономом своего времени. Учебники прилежно ссылались на его результаты, которые оценивались очень высоко. Однако все это касалось только традиционных разделов астрономии. Отдавая должное достижениям Гершеля в области исследования планет, ученый мир с недоверием относился к его гипотезам о развитии Вселенной.

Лишь наиболее дальновидные ученые сумели оценить значение эволюционных представлений Гершеля. Так, Лихтенберг, видный представитель европейских ученых-просветителей, писал Гершелю: «Меня прежде всего радует мужество, с которым Вы начинаете по-новому исследовать вещи, которые уже считались изученными; если бы с подобной философией подходить к остальным разделам естествознания, то,

по-видимому, пришлось бы убедиться, как мало еще изучено в этом мире».

Один из выдающихся астрономов того времени, особенно прославившийся как исследователь комет, Вильгельм Ольберс высоко ценил Гершеля — «великого открывателя неба», но вместе с тем критиковал его представления об эволюции космоса, считая их эмпирически ограниченными.

Чисто умозрительные суждения, не подкрепленные опытом, были вполне типичным явлением в естествознании вплоть до XIX в. Это обстоятельство обусловлено определенными историческими причинами и объясняется тем, что умозрительная натурфилософия, пытавшаяся, как заметил Фридрих Энгельс в «Диалектике природы», «втиснуть объективный мир в рамки своего субъективного мышления», приводила большинство естествоиспытателей к отказу от любой философии и протесту против теоретического мышления вообще. В результате образовалась глубокая пропасть между естествознанием и философией. Но именно те естествоиспытатели, метко указывал Энгельс в сочинении «Людвиг Фейербах и конец немецкой классической философии», которые «больше всего ругали философию», и оказывались рабами «как раз самых плохих и вульгарных остатков самой плохой философии». Естествоиспытатели, которые относятся к теоретическому мышлению «с презрением» и кичатся своим чистым опытом, писал Энгельс в «Диалектике природы», в конце концов приходят к «разброду и путанице».

Позитивистский образ мышления большинства естествоиспытателей XIX в. следует оценивать тем критичнее, чем меньше они пытались теоретически осмыслить и философски обосновать материал, накопленный путем наблюдений. При этом не следует забывать, что в распоряжении естествоиспытателей тогда уже находилась созданная Марксом и Энгельсом подлинно научная философия диалектического материализма, видевшая единственно правильный метод исследования в выявлении всеобщих взаимосвязей и законов развития. Однако многие естествоиспытатели еще долгое время продолжали считать, что можно обходиться без всякой философии, и были не в состоянии понять новаторскую роль диалектического материализма; потому-то все их попытки теоретически обосновать возникающие научные проблемы

в лучшем случае оказывались несостоятельными. Это в равной мере относится и к «открывателям неба» второй половины прошлого столетия. История астрономии показывает, что позитивистский подход значительно затормозил процесс познания.

«Презрение к диалектике не остается безнаказанным. Сколько бы пренебрежения ни выказывать ко всякому теоретическому мышлению, все же без последнего невозможно связать между собой хотя бы два факта природы или уразуметь существующую между ними связь. Вопрос состоит только в том, мыслят ли при этом правильно или нет,— и пренебрежение к теории является, само собой разумеется, самым верным путем к тому, чтобы мыслить натуралистически и тем самым неправильно. Но неправильное мышление, если его последовательно проводить до конца, неизбежно приводит, по давно известному диалектическому закону, к таким результатам, которые прямо противоположны его исходному пункту», — отмечал Энгельс в «Диалектике природы»<sup>1</sup>.

Ограничившись этими принципиальными замечаниями о взаимоотношениях естественных наук и философии, вновь обратимся к предмету нашего повествования. Необходимо назвать еще одну причину, объясняющую, почему после Канта и Гершеля прогресс в области исследования процессов развития Вселенной оказался столь ничтожным. Знания о космических объектах были тогда слишком скудными. Почти ничего не было известно о Солнце и ближайших звездах, оставались неопределенными расстояния до звезд, а представление о структуре различных туманностей зависело лишь от «точки зрения». Иными словами, слишком мало было конкретных посылок для успешного решения вопросов, поставленных Кантом и Гершелем.

## Успехи, достигнутые с помощью спектроскопии и фотометрии

Немецкий астрофизик Цёльнер, пионер в области применения фотометрии для астрономических исследований, исходя из теоретических соображений, выдвинул

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Полн. собр. соч., 2-е изд., т. 20, с. 382.



в 1865 г. собственное предположение о последовательности развития небесных тел. По его мнению, эволюция звезд проходит следующие 5 стадий:

- 1) раскаленно-газовое состояние;
- 2) раскаленно-жидкостное состояние;
- 3) образование охлажденной несветящейся внешней поверхности;
- 4) эрупция (взрыв) под действием внутренних расплавленных масс;
- 5) полное охлаждение.

Цёльнер полагал, что космические тела, находящиеся в различных фазах своего развития, по-разному выглядят для удаленного наблюдателя, и считал спектроскоп наиболее подходящим прибором для обнаружения этих различий. Примерно в 1870 г. в работе, посвященной изучению влияния температуры на спектры расплавленных газов, Цёльнер писал: «... спектры различных звезд при прочих равных условиях имеют тем больше спектральных линий, чем ниже температура звезд». Таким образом, последовательность спектральных классов оказалась одновременно и температурной последовательностью.

Занимаясь на рубеже столетий разработкой используемой и по сей день классификации звездных спектров, Антония Мур и Энни Кэннон установили, что спектры различных звезд заметно различаются по интенсивности спектральных линий. Было высказано предположение, что звезды, характеризующиеся наиболее интенсивными линиями, могут по своему строению существенно отличаться от других звезд и что, возможно, они представляют собой исключения из общей последовательности развития. Развивая эту мысль, датский астроном Эйнар Герцшпрунг (1873–1967) в своих работах вплотную подошел к решению задачи о различиях в «яркостях звезд, приведенных к равным расстояниям» (т.е. в так называемых абсолютных звездных величинах). Согласно принятой тогда концепции эволюции звезд, следовало ожидать, что абсолютные звездные величины должны уменьшаться с «покраснением». Но, к сожалению, ученые располагали очень ограниченными данными о космических расстояниях, а последние были чрезвычайно важны при определении абсолютных звездных величин. Таким образом, величины светимостей следовало выводить из других данных, например из наблюдений собственных движений звезд. Результаты исследований



Эйнар Герцшпрунг.

Герцшпрунга (1905 и 1907 гг.) оказались истинно удивительными: на диаграмме абсолютная звездная величина — спектральный класс большинство звезд располагалось примерно вдоль диагонали, проведенной из левого верхнего в правый нижний угол. Звезды спектральных классов, начиная с класса G, разделялись у Герцшпрунга на две группы: очень яркие и слабо светящиеся. Оказалось, что в этом интервале отсутствует однозначная связь между абсолютной звездной величиной и спектральным классом звезды<sup>1</sup>.

Хотя Герцшпрунг вначале не сумел объяснить, чем вызвано наблюдаемое различие звезд, названия «гиганты» и «карлики» прочно вошли в обиход. Каково же в целом значение открытий Герцшпрунга для познания эволюции звезд, космогонии и космологии?

В 1909 г. известный немецкий астроном Карл Шварцшильд (1873–1916) писал: «В

<sup>1</sup> Доказав, что звезды с одинаковой температурой могут иметь различные светимости, Герцшпрунг открыл существование звезд-гигантов и звезд-карликов. — Прим. перев.

высшей степени знаменательно, что ни одна теория эволюции звезд не предусматривала, что среди обычных звезд могут быть рассеяны эти гиганты». Следует подчеркнуть, что вновь открытые гиганты никак нельзя было увязать с представлениями об эволюции, если ограничиваться ее чисто качественным рассмотрением. Данные Герцшпрунга вынудили ученых существенно пересмотреть господствовавший тогда подход к звездной эволюции. Было высказано предположение, что «холодные» гиганты скорее всего находятся в самом начале звездной эволюции. Вследствие непрерывного сжатия (контракции) космические объекты постепенно разогреваются, высвобождая тепловую энергию, и в конце концов переходят из «поздних» спектральных классов в «ранние». Это, можно сказать, кульминационная точка их эволюции, откуда они начинают опять двигаться «вниз» — к «поздним» классам. Согласно такой концепции, каждая звезда должна была дважды пройти последовательность спектральных классов, но в противоположных направлениях: сначала, в «юности», — от красной звезды к белой, а затем, во второй половине жизни, — наоборот, от белой к красной. Таким образом, в начале и в конце жизни звезда должна быть красной, но в первом случае — это «красный гигант», а во втором — «красный карлик».

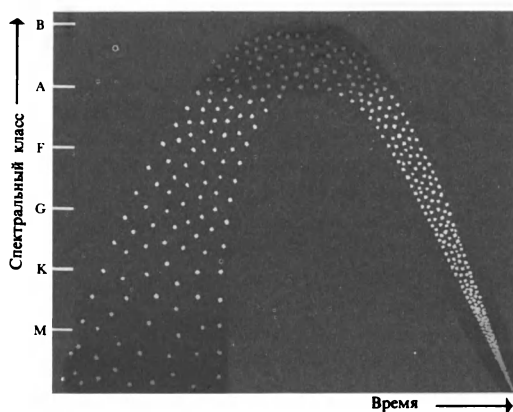
Этот взгляд прекрасно согласовывается с теоретическими исследованиями, почти 40

лет назад выполненными английским физиком Дж. Г. Лейном. В работе, опубликованной в 1870 г., он на основании известных газовых законов и закона сохранения энергии доказал, что газовый шар в результате сжатия должен выделять энергию, которая превращается в тепло, вследствие чего он разогревается; это происходит потому, что уплотняющийся газовый шар вырабатывает энергии больше, чем теряет путем излучения. Однако на определенной стадии соотношение меняется на обратное, и тогда начинается процесс остывания.

Данное представление было несколько модифицировано под влиянием новых результатов наблюдений. В 1911 г. американский астроном Генри Норрис Рассел (1877–1957) нашел, что по своим массам «гиганты» превосходят другие звезды. Поскольку горячие звезды класса В также в среднем превышают по массе другие звезды, Рассел предположил, что эти два факта как-то связаны между собой. Он сделал вывод, что звезды-«гиганты» в процессе сжатия развиваются до спектрального класса В, тогда как звезды меньшей массы так и не достигают этого класса. С точки зрения истории астрономии интересно заметить, что уже тогда допускалась возможность зависимости между процессом развития звезд и их массами.

Звездная спектроскопия заметно стимулировала развитие теории эволюции звезд. Тем не менее явно ощущалась нехватка информации, поскольку ничего не было известно о внутреннем строении звезд и механизмах получения звездной энергии. Лишь благодаря контактам астрономии с теоретической физикой в результате последовательного и глубокого анализа астрономических и физических данных, стал возможным тот принципиальный поворот на пути изучения космоса, который привел к созданию современной теории звездной эволюции. Большие успехи космогонии в прошлом убедительно подтверждают правоту Энгельса, который, оценивая во введении к «Диалектике природы» значение «Всеобщей естественной истории и теории неба», отметил, что «в открытии Канта заключалась отправная точка всего дальнейшего движения вперед».

Схематическое изображение процесса эволюции звезд (представление, сложившееся после открытия гигантов и карликов). Красные гиганты (звезды с малой плотностью) — начало жизненного пути звезд и белые карлики (звезды с высокой плотностью) — конец звездной эволюции.



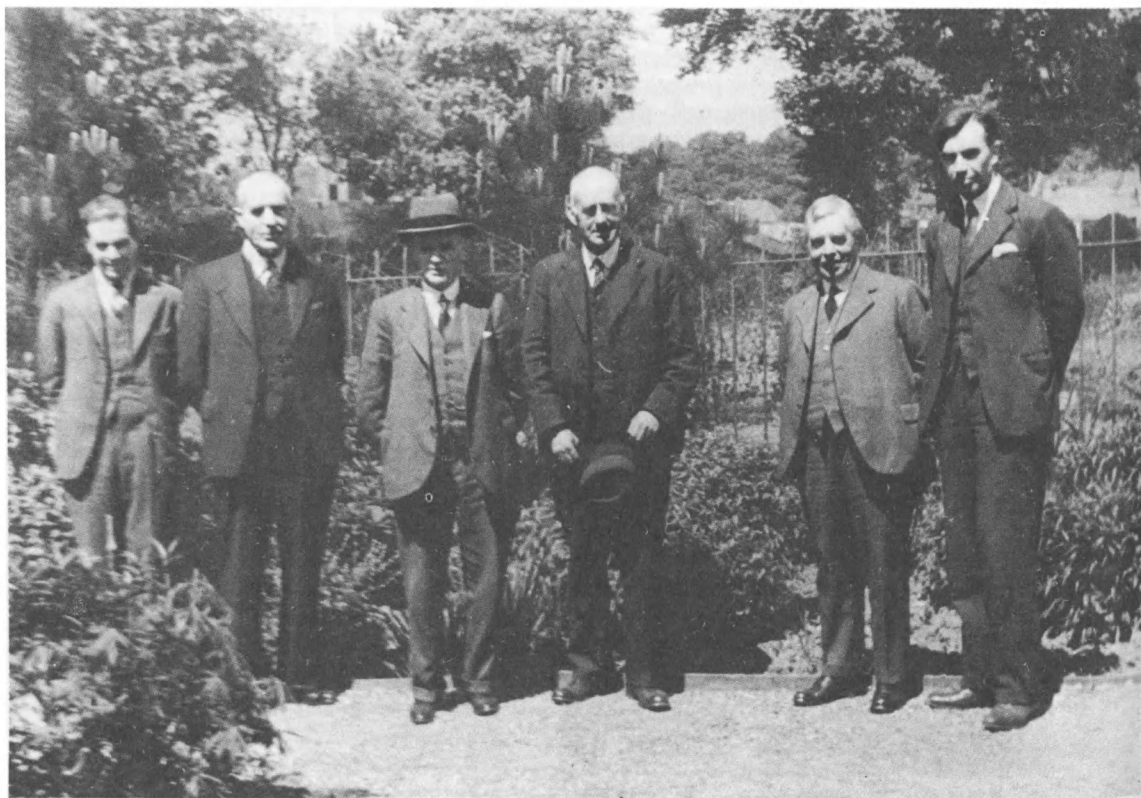
## Атака на недра звезд

Огромные газовые шары, которые мы называем звездами, практически непрозрачны. Свет и тепло излучаются только очень тонким поверхностным слоем. Диаметр Солнца составляет около 1,4 млн. км, а наш «взгляд» способен проникнуть в глубь этой звезды всего лишь примерно на 450 км. Температура Солнца, измеренная с помощью спектроскопов,— это температура его поверхности; точно так же химический состав Солнца, определенный методом спектрального анализа, это только состав его тонкого поверхностного слоя. Поэтому, казалось бы, безнадежно пытаться что-то узнать о внутреннем строении

Эддингтон с пятью другими ведущими британскими астрономами. Слева направо: проф. Х. Х. Пласкет, директор обсерватории Оксфордского университета; Гарольд Спенсер Джонс (Гринвичская королевская обсерватория); проф. А. Фаулер (Королевский колледж, Лондон); Артур Эддингтон, директор обсерватории Кембриджского университета; проф. Ф. Стреттон, директор Кембриджской обсерватории физики Солнца; К. К. Л. Грегори, директор обсерватории Лондонского университета.

звезд. Но без этой информации невозможно понять сущность звезд, а следовательно, и исследовать их эволюцию. К счастью, звезды представляют собой относительно простые образования, и наука способна проникнуть в их глубины, даже не располагая прямыми измерительными данными. Так, опираясь на упомянутую выше работу Лейна, ученые смогли путем теоретических построений познать тайны звезд и, сравнивая теоретические выводы с теми немногими результатами наблюдений, которые находились в их распоряжении, получить вполне надежные данные о внутреннем строении звезд.

Лейн, как мы уже отмечали, опираясь на газовые законы, предпринял первую попытку познать внутреннее строение Солнца. За ним последовали и другие ученые, прежде всего Карл Шварцшильд и Роберт Эмден (1862–1940). Шварцшильд, в частности, занимался проблемой равновесия в солнечной атмосфере, а Эмден в 1907 г. написал свою знаменитую монографию «Газовые шары». Основываясь на их работах, английский астроном Артур Стэнли Эддингтон (1882–1944), один из крупнейших астро-





физиков нашего столетия, заложил фундамент современной теории строения звезд, которая до сих пор уточняется и совершенствуется с учетом новых экспериментальных и теоретических данных.

Из чего исходит эта теория? Элементарное условие, необходимое для существования Солнца и большинства других звезд, заключается в равновесии сил, направленных внутрь и наружу звезды, и это равновесие должно соблюдаться в каждой ее точке. Масса звезды определяет гравитационную силу, которая заставляет газовый шар сжиматься. Нагретая же газовая масса, напротив, создает давление, которое стремится расширить газовый шар. Как показывали наблюдения, звезды, в том числе и Солнце, имеют постоянный диаметр: Солнце не расширяется и не сжимается. Отсюда следовало, что эти две противоположно направленные силы, очевидно, в каждой точке звезды равны. Поскольку гравитационная сила увеличивается по мере удаления от поверхности в глубь звезды (так как возрастает масса вышележащих слоев), то температура газа тоже должна повышаться с глубиной. Рост температуры продолжается до тех пор, пока давление газа не уравновесит силу тяжести вышележащих газовых слоев.

Внутри звезды действует еще одна сила, направленная вовне, т.е. против сил гравитационного сжатия,— это давление излучения: чем глубже расположен слой в недрах звезды, тем интенсивнее его коротковолновое излучение и тем сильнее давление излучения. Отсюда вытекает принципиальная возможность предсказать соотношения температуры и давления внутри звезд.

Были разработаны различные модели звезд. Одни ученые считали, что энергия звезды освобождается только в непосредственной близости от ее центра — так называемая «модель точечного источника» энергии звезды. Другие полагали, что энергия выделяется повсюду внутри звезды. Ни одной модели нельзя было отдать предпочтение, да и не это главное. Независимо от модели, используемой в расчетах, как правило, всегда получалась одна и та же зависимость между массой, радиусом и светимостью звезды.

Примечательные результаты были получены Фогтом и Ресселом, которые проанализировали математические соотношения, описывающие структуру звезды. Оказа-

лось, что внутреннее строение звезды определяется только ее химическим составом и массой. Подобный взгляд на строение звезд сыграл огромную роль в исследованиях. Конечно, понимание эволюции звезд невозможно без знания энергетических процессов, происходящих в их недрах. Как показали Фогт и Рессел, звезда эволюционирует лишь тогда, когда изменяется либо ее масса, либо химический состав, либо и то и другое вместе, но при этом изменения должны протекать таким образом, чтобы звезда оставалась способной производить энергию.

## Загадка «небесного огня»

Если известна светимость звезды, то тем самым можно уже считать заданными конкретные требования к источникам звездной энергии: они должны быть способны длительное время вырабатывать определенные количества энергии. Если при этом удалось бы как-то оценить временные интервалы, в течение которых, как минимум, должен продолжаться процесс излучения, то это позволило бы установить первый критерий для проверки гипотезы об источнике звездной энергии. Очевидно, самым удобным объектом для проверки подобных рассуждений было Солнце, поскольку в данном случае при оценке временных интервалов можно исходить из возраста Земли.

Примерно в конце XIX в. известный немецкий ученый Герман Гельмгольц (1821–1894) и английский физик Уильям Томсон (лорд Кельвин, 1842–1907) предположили, что энергия звезд обусловлена сжатием звездного вещества, т.е. преобразованием гравитационной энергии; но в таком случае последней могло бы хватить не более чем на 20 млн. лет. Кельвин с завидной самоуверенностью потребовал, чтобы геологи при описании истории Земли ориентировались именно на эту цифру. Однако Эддингтон, противопоставив Солнцу, «экономно» выделяющему энергию, множество других звезд, которые излучали в пространство несравненно больше энергии, обнаружил удивительный парадокс. Получалось, что такие звезды могли обеспечивать себя энергией за счет гравитационного сжатия, в лучшем случае, на какие-нибудь 30 млн. лет.

Имелись и прямые доказательства сомнительности «гипотезы сжатия». Благода-

ря открытию в 1896 г. естественной радиоактивности стало возможным определить возраст земных пород: по соотношению в них количеств урана и свинца (конечного продукта распада радия). Оказалось, что возраст пород достигает порядка 1 млрд. лет. Таким образом, возраст Солнца должен составлять не менее 1 млрд. лет, если считать, что Земля не может быть старше Солнца.

Чтобы звезда могла сохранять равновесие, внутри нее неизбежно должна вырабатываться энергия, которая покрывала бы энергетические потребности звезды в течение всего периода ее существования.

Специальная теория относительности Эйнштейна (разработанная к 1905 г.) указала, что между массой и энергией существует определенная связь, что масса и энергия есть две различные формы существования материи (так называемый принцип эквивалентности). Энергия равна произведению массы покоя на квадрат скорости света,  $E = m \cdot c^2$ . Следовательно, в любой массе заключена огромная энергия: например,  $1,1 \cdot 10^{-21}$  г массы соответствует 1 эрг энергии. В 1 г массы покоя заключена энергия порядка  $9 \cdot 10^{20}$  эрг. Подсчитав с помощью формулы Эйнштейна энергию звезды, эквивалентную ее массе, и зная величину излучаемой ею энергии, можно определить максимально возможную продолжительность жизни звезды. Наше Солнце имеет массу  $2 \cdot 10^{33}$  г, т. е. располагает энергией порядка  $1,8 \cdot 10^{54}$  эрг. При известной интенсивности излучения Солнца этого запаса должно хватить примерно на  $15 \cdot 10^9$  лет.

С открытием естественной радиоактивности были обнаружены процессы, при которых освобождается внутренняя энергия атомов (в результате превращения массы в энергию). Тогда со всей серьезностью встал вопрос: не является ли энергия звезд результатом распада радиоактивных элементов в звездных недрах? Однако и радиоактивного распада было недостаточно, чтобы объяснить столь мощное излучение.

Возможен был еще один механизм, также исследованный атомной и ядерной физикой,— энергия, выделяющаяся при синтезе тяжелых элементов из более легких. Можно, например, предположить, что гелий в звездах синтезируется из водорода. До конца 20-х годов это предположение оставалось лишь смелой догадкой.



Альберт Эйнштейн.

Нельзя не отметить исключительную научную интуицию Эддингтона, который еще в те годы, когда не были открыты даже нейтроны, т. е. ничего не было известно о составе атомного ядра, предположил возможность существования зависимости между возникновением элементов и освобождением энергии в звездах.

## В горниле исследований

Ситуация усложнилась. Уже не было прежней согласованности теоретических разработок с результатами наблюдений. Гармо-

ничность картины была нарушена, и со всей остротой вставал вопрос: а правильна ли старая, казавшаяся столь стройной теория звездной эволюции? Сомнения вызывал именно ключевой ее пункт.

Считалось, что мысль о переходе звезды из фазы нагревания в фазу охлаждения теоретически обоснована, поскольку плотность звездного вещества в процессе сжатия должна достигать такой величины, что его уже нельзя было считать идеальным газом; поэтому звезда должна охлаждаться как твердое тело или жидкость. Однако новые расчеты показывали, что во всех звездах основного ряда диаграммы Герцшпрунга—Рессела вещество ведет себя как идеальный газ.

Суть другого несоответствия со старой теорией состояла в следующем. Если принять, что остывание звезды действительно происходит так, как предполагалось, то весь этот процесс можно отнести только к состоянию поверхностных слоев звезды. Температура звездных недр, вычисленная на основании такого предположения, лишь несущественно отличалась от температуры поверхности. Но именно этот факт и не согласовывался с «теорией остывания».

Более того, как из данных наблюдений, так и теоретических разработок следовало, что существует определенная зависимость между массой и светимостью звезды: чем больше масса, тем больше светимость. Открытие этой зависимости породило новую проблему. Если прежде считалось, что звезды в процессе остывания «сползают» вниз по диаграмме Герцшпрунга—Рессела, то теперь от этого представления пришлось отказаться, потому что главная последовательность на диаграмме одновременно описывала и расположение звезд по массе. Звезда, изображенная в правом нижнем углу диаграммы, должна была иметь меньшую массу, чем звезда, находящаяся вверху слева. Но звезда, остывающая просто как твердое тело или жидкость, естественно, не теряет своей массы.

Вследствие этого звезда, если она находится на главной последовательности, должна там и остаться. Однако, с другой стороны, остывающая звезда изменяет свой спектр. Сохраняя массу постоянной, звезда должна оставаться на прежнем месте на главной последовательности, но в таком случае не должны изменяться температура ее поверхности и, следовательно, цвет.

Таким образом, общепринятая теория звездной эволюции отныне никого не могла удовлетворить. Как метко заметил Эддингтон, она «проходила переплавку» и оставалось надеяться, что в конце концов из этого что-то выйдет.

Теперь же предполагалось следующее: звезды возникают вследствие гравитационного сжатия вещества и в первый период жизни вырабатывают энергию излучения таким образом. Находясь на главной последовательности, они обеспечивают себя энергией посредством «уничтожения» своей массы, т.е. источником энергии служат процессы, происходящие в атомах звездного вещества. При этом звезды медленно теряют массу, так что продолжительность их жизни достаточно велика.

Но коль скоро процесс превращения массы в энергию в звезде неизбежен, то—если подходить формально—он должен был протекать весьма быстро и тогда постепенная эволюция, казалось бы, невозможна.

И наконец, представлялось маловероятным, что между спектральным классом звезды и ее массой нет какой-то глубокой, генетической, связи; трудно было поверить, что звезды отличаются друг от друга лишь потому, что они изначально были различны.

Много вопросов—много сомнений. Тем не менее с того момента, когда Эддингтон сформулировал эти вопросы, до их принципиального решения прошло совсем немного времени. Решение проблемы пришло из ядерной физики.

Существенным толчком к этому послужила задача: ограничиваясь простоты ради только звездами, статистически преобладающими на главной последовательности диаграммы Герцшпрунга—Рессела, обосновать тот факт, что все звезды независимо от их места на главной последовательности имеют в своих недрах примерно одну и ту же температуру.

Тогда можно предположить, что именно эта температура и ответственна за процесс производства звездной энергии, определяющий для всех звезд, расположенных на главной последовательности. С другой стороны, соотношение масса—светимость дает не менее важное указание на природу источника энергии: несмотря на то что температура увеличивается незначительно, количество энергии, вырабатываемой на



единицу массы, растет весьма быстро. Отсюда можно заключить, что процесс высвобождения энергии очень сильно зависит от температуры.

Теория атомного ядра позволяет определить, какой кинетической энергией должны обладать частицы, чтобы в веществе могли происходить ядерные превращения, например синтез тяжелых ядер из легких. Для этого скорость движения частиц должна достигать такой величины, чтобы при столкновении они могли преодолеть силы электростатического отталкивания, действующие в ядре. Вероятность столкновения частиц возрастает с увеличением кинетической энергии частиц, т.е. с повышением температуры; кроме того, для легких ядер вероятность проникновения частиц в ядро выше, поскольку силы отталкивания (они пропорциональны заряду ядра) там слабее. Наконец, вероятность столкновения повышается с уменьшением массы соударяющихся частиц. Теоретически удалось показать, что энергия звезд образуется в результате процессов, при которых протоны проникают в ядра легких элементов. Следовательно, лишь относительно малое число реакций может претендовать на роль источника звездной энергии.

Анализируя температурные особенности энергетических процессов в звездах и наблюдаемые интенсивности звездного излучения, физики Ханс Альбрехт Бете (род. в 1906 г.) и Карл Фридрих Вайцзекер (род. в 1912 г.) в 1937 г. пришли к выводу, что основным механизмом производства энергии звезд следует считать процесс образования ядер гелия из ядер водорода — ядерный синтез.

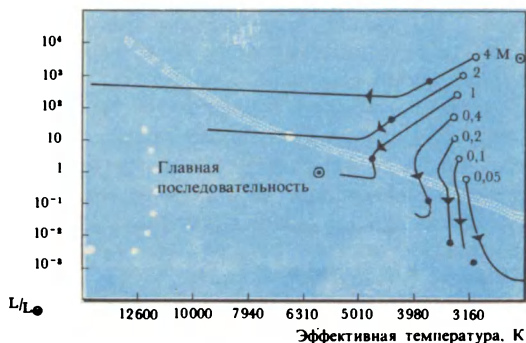
Знание сути ядерных процессов послужило решающей предпосылкой для создания научно обоснованной теории эволюции звезд. Только эти знания позволили объяснить изменения их химического состава. Если теперь снова вернуться к звездам главной последовательности, то нетрудно понять, что в процессе жизни таких звезд количество водорода должно уменьшаться, а количество гелия соответственно возрастать. Но с изменением химического состава, согласно теореме Фогта и Рассела, изменяется также внутреннее строение звезд.

Таким образом, характеристика звезды, обусловленная ее положением на диаграмме Герцшпрунга — Рассела, пригодна не

для всех этапов ее развития. Это положение в значительной степени отражает жизненный путь звезды. А путь этот тоже оказался не столь прост, как предполагалось прежде. На некоторых этапах эволюции звезды протекает так медленно, что можно говорить о некой «застывшей» точке на диаграмме: как заметил один шутник, между рождением астронома и его смертью не происходит никаких заметных изменений в положении звезды на главной последовательности.

Тем не менее на основе теории внутреннего строения звезд и механизма получения звездной энергии можно делать вполне обоснованные заключения о том, как долго может звезда удерживать это свое «положение». Зависимость масса — светимость показывает, что звезды большей массы производят больше энергии, чем звезды меньшей массы, точнее: светимость звезд главной последовательности примерно пропорциональна массе в третьей степени. Следовательно, если масса одной звезды превышает массу другой только в 10 раз, то ее светимость оказывается больше примерно в 1000 раз. Отсюда можно рассчитать, как надолго должно хватить запаса водорода у звезд, имеющих различные массы. Установлено, что массивные звезды, так сказать, живут сверх своих возможностей и вследствие этого их продолжительность жизни минимальна. Звезды же с малой массой более экономно расходуют водород и поэтому существуют много дольше. Время пребывания на главной последовательности звезд с массой, равной 10—15 солнечным массам, состав-

Пути эволюции звезд с различной начальной массой на диаграмме Герцшпрунга — Рассела ( $M_0$  — масса Солнца,  $L/L_0$  — светимость относительно светимости Солнца).





Шаровое звездное скопление М 13 в созвездии Геркулеса.

ляет примерно 1 млн. лет, а звезд с массой 0,5 массы Солнца достигает порядка 30 млрд. лет, т.е. в 30 000 больше.

Исчерпав запасы водорода, звезда должна покинуть главную последовательность. Отсюда вытекает, что возраст звезд, расположенных на главной последовательности, т.е. продолжающих «сжигать» свой водород, должен быть меньше максимально возможного времени пребывания их на этой последовательности. Это означает, что возраст очень ярких голубых звезд всего лишь несколько больше миллиона лет. Это было, несомненно, ошеломляющее открытие, если вспомнить, что возраст земной коры исчисляется примерно 4 млрд. лет.

Итак, наблюдаемые нами звезды весьма неодинаковы; среди них есть такие, которые с точки зрения земной истории возникли совсем недавно. Существует несколько «разновидностей» звезд, которые отличаются друг от друга как возрастом, так и другими свойствами. Подобные «разновидности» в 1944 г. открыл астроном Вальтер Бааде (1893—1960), который разместил звезды различных групп на диаграмме Герцшпрунга—Рессела, при этом звезды шаровых и рассеянных скоплений оказались в совершенно различных участках диаграммы. Это дало Бааде право говорить о двух типах «звездного населения».

Со временем выяснилось, что между «звездными населением» I и II типа существуют плавные переходы. Ко II типу Бааде

отнес, например, все объекты шаровых звездных скоплений. Это самые старые объекты звездных систем. Чем ближе мы будем подходить к объектам I типа, тем моложе оказываются звезды и в их спектрах обнаруживаются линии металлов. Последнее объясняется тем, что молодые звезды возникли из межзвездной материи, богатой тяжелыми элементами. Эти элементы образуются в недрах звезд II типа и в процессе звездных катастроф «выбрасываются» в космическое пространство. Объекты, принадлежащие к разным типам «звездного населения», отличаются и некоторыми другими характеристиками, в частности своим положением в системе Млечного Пути.

## Как рождаются звезды

Все наши прежние рассуждения касались лишь наиболее длительного и стабильного периода существования звезд. Это стадия их пребывания на главной последовательности, в течение которой звезда практически не претерпевает никаких изменений. А что же происходило до этого? Как образуются звезды и когда они попадают на главную последовательность?

Чтобы ответить на эти чрезвычайно важные и интересные вопросы, приходится обращаться к косвенным методам исследования, поскольку возникновение и развитие звезд невозможно наблюдать непосредственно.

Предполагается, что звезды образовались из межзвездного вещества. Сырьем для формирования звезд служат мельчайшие частички газово-пылевой массы (плотность ее составляет около 1 атома (водорода) на  $1 \text{ см}^3$ , плотность космической пыли примерно в 100 раз меньше). Как же протекает этот процесс?

Английский исследователь Джеймс Джинс (1877—1946) предположил, что если в каком-либо месте межзвездной среды скопятся несколько больше частиц межзвездного вещества, чем в окружающем пространстве, то здесь создается сгущение, куда под действием сил гравитации из окрестностей начинают стягиваться частицы материи. По мнению Джинса, этому движению к центру сгущения должна противодействовать сила давления газа, направленная вовне и возрастающая с уве-

личением плотности вещества. Тем не менее, как считал Джинс, силы гравитации в конце концов «одерживают верх», и, однажды начавшись, процесс сгущения вещества неизбежно должен продолжаться, захватывая все более обширные области пространства. Массы, вовлеченные в этот процесс, могут быть весьма велики — порядка 10 000 солнечных масс.

Теоретические выкладки показывают, что огромные массы межзвездной материи не обязательно концентрируются в единое целое; возможно, они разбиваются на многочисленные малые облака, которые затем сжимаются в более плотные образования. В связи с этим говорят о так называемом процессе фрагментации. Последняя происходит и внутри образовавшихся отдельных облаков, где начинают возникать более мелкие обособленные сгущения. Такая гипотеза позволяет объяснить, почему в целом массы звезд заключены в столь узких пределах — от 0,5 до 50 солнечных масс, — хотя в процессе сгущения участвуют гораздо большие массы. Отсюда становится понятным и другой факт: в плотных скоплениях межзвездного вещества всегда присутствуют молодые звезды.

Известный советский астрофизик Виктор Амазаспович Амбарцумян (род. в 1908 г.), внесший большой вклад в изучение этого вопроса, назвал подобные звездные скопления звездными ассоциациями. Это очень разреженные и поэтому динамически весьма неустойчивые группы молодых звезд (О- и В-классов). Со временем члены этих групп, возникшие примерно одновременно, расходятся в пространстве, так что их первоначальную принадлежность уже невозможно установить.

## Звезда, подобная нашему Солнцу

Судьба каждого вновь образовавшегося газового шара зависит от его массы. Поэтому в теоретических расчетах обычно сопоставляют массу шара с массой Солнца.

В конце процесса деления огромного облака плотность вещества в шаре массой, равной солнечной, составляет примерно 60 тыс. атомов водорода на  $1 \text{ см}^3$ . Однако на этом этапе еще холодный газовый шар весьма существенно отличается от звезды типа Солнца; его диаметр примерно

в 5 млн. раз больше диаметра Солнца. Выделяемая им энергия, обусловленная гравитацией, вследствие малой плотности вещества беспрепятственно устремляется в космическое пространство. Огромный газовый шар пока еще более или менее прозрачен, и поэтому его температура практически не повышается.

Постепенно частицы газового облака все более концентрируются в центральной области шара, и он начинает уменьшаться в размере. Но, поскольку его температура при этом не растет, падение светимости происходит без изменения спектрального класса. Таким образом, на диаграмме Герцшпрунга — Рассела звезда перемещается (почти вертикально вниз) из области сверхгигантов в направлении главной последовательности. Как показывают вычисления, примерно через 400 тыс. лет звезда вступает в качественно новую стадию развития. За это время диаметр газового шара уменьшается примерно в 250 раз. Плотность вещества настолько увеличивается, что излучение с трудом просачивается к поверхности. Газовое облако теряет свою былую прозрачность, и его температура быстро растет. Сжатие вещества и повышение температуры продолжают до тех пор, пока направленное наружу давление газа остается меньше гравитационной силы сжимающихся газовых масс. Когда же — через определенное время — эти силы сравниваются по величине, звезда обретает стабильность: давление газа и тяготение уравнивают друг друга.

Спустя некоторые промежуточные стадии, в ходе которых температура звезды неуклонно растет, наступает важнейший этап ее жизни; огромные температуры, возникающие в звездных недрах, приводят к «включению» реакции термоядерного синтеза. До этого времени звезду, несмотря на стремительный рост ее температуры, едва ли можно было бы заметить на небе, поскольку она была окружена плотной оболочкой, не пропускающей излучения. Но, когда большая часть вещества звезды сконцентрируется в ее центре, объект становится видимым — на небе появляется новая звезда. Дальнейшее повышение температуры создает условия для поддержания термоядерной реакции. Постепенно в энергетическом балансе звезды доля энергии, обусловленная гравитационным сжатием, уменьшается, и существование звезды в ос-



новном обеспечивается «горением» водорода. Звезда попадает на главную последовательность диаграммы Гершпрунга—Рессела, вступая в длительную, «спокойную» фазу своей жизни. Так, астрофизики рисуют рождение и «раннюю юность» звезды. И это не просто игра воображения—длительные исследования звезд позволяют подробно теоретически исследовать и рассчитать звездную эволюцию.

Разумеется, при этом приходится прибегать к некоторым упрощениям. Так, известно, что в межзвездном пространстве, где, собственно, и находится звездное сырьё, существуют магнитные поля, которые не были учтены в наших рассуждениях. Ничего не сказано и о возможном вращении огромного исходного облака, из которого в конце концов формируются звезды. Безусловно, будущие исследования внесут немало уточнений и поправок в нарисованную здесь картину звездной эволюции.

Конечно, все это только теория. Теперь мы должны обратиться к самому серьезному вопросу: насколько реальны теоретические расчеты и насколько они соответствуют грандиозным процессам, происходящим во Вселенной? Но, прежде чем ответить на эти вопросы, следует выяснить, что может служить критерием, позволяющим судить о правильности полученной картины и степени ее соответствия действительности.

## Проверка теории

Молодые звезды в принципе должны существовать в непосредственной близости от обширных скоплений межзвездного вещества. Горячие звезды, окруженные непрозрачной оболочкой, можно наблюдать по их длинноволновому тепловому излучению, т. е. в инфракрасной области электромагнитного спектра. Поглощая излучение, возникающее в ядре звезды, ее оболочка разогревается и испускает в пространство энергию в виде теплового излучения и радиоволн. С давних пор газовые скопления в системе Млечного Пути исследовались с целью обнаружения там протозвезд<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Протозвездой называется гравитационно связанное облако газа и пыли, из которого со временем и образуется собственно звезда.—Прим. перев.

Как мы говорили, еще Гершель предполагал существование в туманности Ориона «места рождения» звезд и поэтому с особой тщательностью наблюдал данный космический объект. В последние годы эта протяженная газово-пылевая туманность вновь привлекла к себе внимание. Вместе с аналогичной областью в созвездии Кассиопеи она рассматривается сейчас как возможная область «рождения» звезд.

В 1967 г. в области туманности Ориона была открыта «инфракрасная звезда», которая отличалась очень высокой светимостью и сравнительно низкой поверхностной температурой. При температуре около 700 К звезда излучала в 1000 раз больше энергии, чем Солнце. Обычные звезды, как это следует из теоретических расчетов, при такой низкой температуре существовать не могут. Таким образом, по-видимому, это была только что возникшая молодая звезда, еще окруженная оболочкой. Несколько позже в туманности Ориона удалось обнаружить по крайней мере еще четыре не менее интересные области. Они отличались очень высокой плотностью водорода и вместе с тем сравнительно малыми размерами: их диаметры (порядка 500 тыс. диаметров Солнца) были существенно меньше характерных размеров облаков в начале сжатия. Не исключено, что здесь мы столкнулись с «рождением» звезд во Вселенной.

В области радиоисточника W3 в созвездии Кассиопеи были также обнаружены многочисленные инфракрасные объекты, причем ни один из них не наблюдался в оптическом диапазоне. Максимум излучаемой такими объектами энергии, очевидно, приходится на тепловую область спектра. Один из источников имел светимость, в 30 тыс. раз превышающую светимость Солнца. Кроме того, было открыто некое образование, которое вполне можно считать молодой звездой, так как она оказалась чрезвычайно горячей и еще была окружена пылевой оболочкой. Примечательно, что здесь соседствовали пылевые и газовые компоненты с разными температурами. В туманности Ориона также местами встречались пылевые участки с температурой всего в несколько сотен градусов.

Особый интерес представлял объект, расположенный неподалеку от центральной части туманности Ориона: он состоял из нескольких отдельных источников инфра-



Большая туманность Ориона.

красного излучения, которые, возможно, и являли собой предварительную стадию образования звездного скопления.

Не менее интересна роль межзвездной пыли, которая широко распространена во Вселенной. Естественно, встает вопрос: существовала ли эта пыль «с самого начала» или возникла как побочный продукт при образовании звезды? Ученые вполне допускают, что при определенных условиях в оболочках звезд из газовой среды могут образовываться частички пыли. Если пыль действительно создается таким путем, то тогда можно говорить о ней как о побочном продукте звездообразования. Под действием давления и звездного ветра (соответственно для Солнца — это солнечный ветер) пыль, находящаяся в окрестностях звезды, могла быть затем «вытеснена» в межзвездное пространство.

Инфракрасная астрономия и прогресс в технике астрономических наблюдений немало способствовали проникновению человека в тайны Вселенной.

Хотя будущее, несомненно, принесет нам много новых открытий, мы и теперь с полным правом можем считать, что основные процессы возникновения и развития звезд нам достаточно известны. Туманность Ориона, очевидно, является одним из наиболее вероятных претендентов на роль «производителя» звезд. Здесь соседствуют звезды, возраст которых не превышает миллиона лет, и образования, которые вполне можно рассматривать как «новорожденные» звезды и которые в обозримом будущем «вспыхнут» на небосклоне как новые светящиеся объекты.

## Когда исчерпан водород

Теперь мы можем вполне обоснованно описать жизнь звезд на достаточно большом отрезке времени. Однако остается выяснить еще один вопрос: что произойдет со звездами главной последовательности, когда они исчерпают свой запас водорода?

Большую информацию в этом плане дает анализ изменения соотношения между содержанием водорода и гелия в недрах звезд. Содержание водорода здесь падает постепенно, поскольку вследствие конвекции новые порции водорода непрерывно поступают из внешних слоев звезды в ее

глубины. Столь же постепенно там возрастает количество гелия. В самых же внешних слоях звезды, не охваченных конвекцией, первоначальный состав этих элементов, несмотря на активные процессы в недрах, остается практически неизменным. Но в конце концов интенсивные изменения внутреннего строения звезды проявляются в изменении ее состояния, и тогда она покидает главную последовательность диаграммы Герцшпрунга — Рессела.

Изучением состояния звездной материи на конечных этапах звездной эволюции еще в 30-е годы много занимался американский астрофизик индийского происхождения Субрахманьян Чандрасекар (род. в 1910 г.). Поскольку для «включения» ядерных реакций, в процессе которых начинается образование более тяжелых элементов, необходимы чрезвычайно высокие температуры — а они, как известно, достигаются при очень высоких плотностях звездного вещества, — неизбежно возникает вопрос: до какой степени вообще может сжиматься вещество и как оно ведет себя с увеличением плотности?

Как известно, атом в основном представляет собой «пустоту». Это было установлено еще в начале XX в. Атомное ядро имеет диаметр порядка  $10^{-13}$  см, тогда как диаметр атома в целом составляет примерно  $10^{-8}$  см, т. е. линейные размеры атома в 100 тыс. раз больше размеров ядра. Таким образом, электроны в атоме движутся почти в пустом пространстве. При увеличении давления подобная структура может измениться: электронные оболочки разрушаются, образуется так называемый «вырожденный электронный газ», т. е. свободно движущиеся электроны. Этот «газ» обладает рядом интересных свойств, не присущих обычным газам. Например, его давление не зависит от температуры и это служит препятствием дальнейшему сжатию вещества.

Чандрасекар установил, что звезды, целиком состоящие из вырожденного газа, должны иметь массу не больше 1,4—1,5 массы Солнца, при этом плотность вещества такой звезды в конечной фазе существования очень высока (это так называемые «белые карлики»). При указанной массе плотность достигает некоторого предельного значения и больше не повышается, ибо вырожденный газ противодей-



ствует любому дальнейшему сжатию. Температура звезды также более не повышается, не возникают соответственно и новые ядерные реакции. Со временем звезда начинает постепенно остывать, и ее цвет изменяется от белого к красному. Как мы помним, подобный путь развития первые теории звездной эволюции предсказывали для всех звезд. Таков путь эволюции звезд с массой, меньшей 1,4—1,5 солнечной массы.

В ходе каких же процессов звезды теряют значительную часть своей массы?

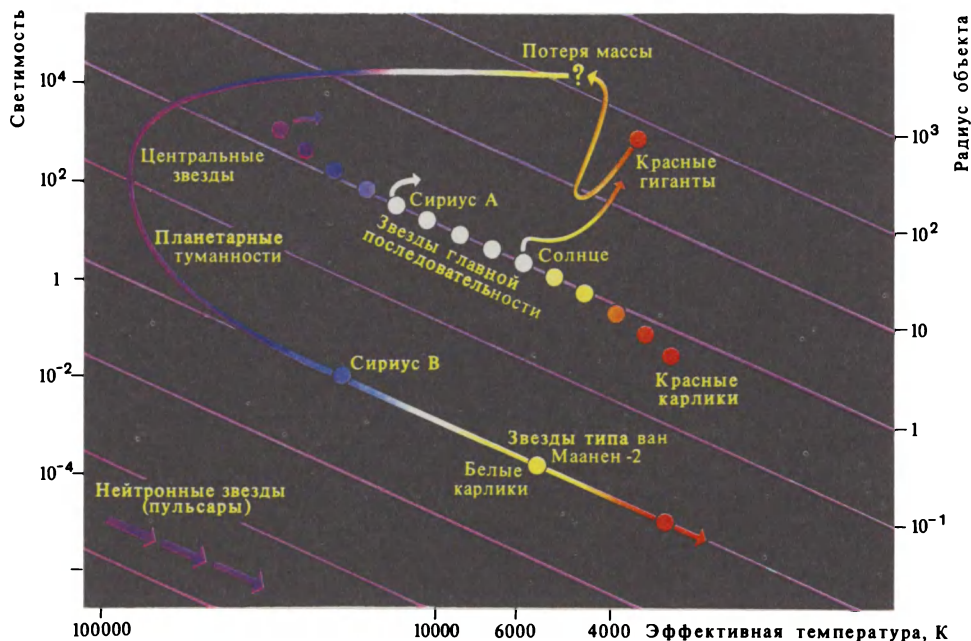
В настоящее время известен ряд процессов, которые могут привести к постепенной или мгновенной потере массы. Это, в частности, явление, подобное «солнечно-

му ветру». Впервые оно было обнаружено у Солнца и отсюда его название.

Примерно в середине 60-х годов была найдена совершенно иная—довольно удивительная—возможность уменьшения массы двойной звезды. Исходя из того факта, что значительный процент звезд составляют системы двойных звезд, удалось показать, что возможна потеря массы одной из компонент пары посредством обмена массами между звездами. Были рассчитаны различные модели, и результаты оказались весьма впечатляющими. Например, в системе двойных звезд с массами, равными 1—2 массам Солнца, как оказалось, звезда с большей массой «стареет» быстрее и соответственно гораздо быстрее, чем звезда малой массы, переходит в разряд гигантов.

Расширение звезды приводит к тому, что ее масса как бы перетекает к меньшей звезде. Особенно активную роль при этом играют внешние слои большей звезды, где содержание водорода еще достаточно высоко. По окончании этого процесса «облегченная» звезда почти целиком состоит из гелия и обладает примерно 1/8 своей первоначальной массы (если принять, что расстояние между звездами составляет примерно 6,6 радиуса Солнца). Температура в недрах такой звезды слишком низка, чтобы вызвать горение гелия. Вследствие

Схематическое изображение эволюции Солнца на диаграмме Герцшпрунга—Рессела (после того, как оно покинет главную последовательность). Когда около 10% водорода превратится в гелий и сформируется «гелиевое ядро», Солнце должно перейти из главной последовательности в область красных гигантов. При некотором понижении температуры поверхности светимость Солнца возрастет. Затем вследствие потери массы и связанного с этим незначительного повышения температуры Солнце (сохраняя примерно ту же светимость) должно переместиться в область карликов, вновь пересекая при этом область главной последовательности. Далее наступит период остывания, Солнце станет карликом. (Светимости даны в единицах солнечной светимости, радиусы — в единицах радиуса Солнца.)



изменения внутреннего строения звезда перемещается на диаграмме Герцшпрунга—Рессела из области гигантов в область белых карликов, поскольку ее масса и светимость существенно возрастают.

Что же произойдет, если звезда перейдет предел Чандрасекара? Этот случай также исследовался теоретически. Если представить модель звезды в виде шара, полностью истощившего свои внутренние источники энергии, то можно показать, что ее газ превратится в вырожденный, когда звезда, сжимаясь, достигнет размеров планеты. Чем больше масса звезды, тем меньше ее диаметр и тем больше плотность вещества. Энергия электронов вырожденного газа в конце концов может возрасти настолько, что они станут проникать в ядра атомов. Тогда начнется процесс превращения протонов в нейтроны, и сжатие звезды может продолжаться дальше. Оно прекращается лишь тогда, когда в противоборство вступают силы ядерного взаимодействия. Но это происходит лишь при плотностях вещества порядка 100 млн. т/см<sup>3</sup>. Подобные объекты, состоящие в основном из нейтронов, называют нейтронными звездами.

Теоретически нейтронные звезды были предсказаны еще несколько десятилетий назад. Возможность существования в природе крупных объектов, плотность которых сравнима с плотностью атомного ядра, исследовал известный советский физик Л. Д. Ландау (1908—1968). В работе, посвященной теории звезд, он показал, что такие объекты в принципе возможны, причем механическое равновесие в них достигается в результате компенсации действия гравитационных сил давлением вырожденного («ядерного») газа. Однако масса такой звезды не может быть сколь угодно большой; по расчетам Ландау, она не должна превышать 1,5 солнечной массы.

Ландау завершил свою работу в 1932 г., когда еще не были известны нейтроны, Джеймс Чедвик (1891—1974) открыл их позже в том же году. Условия существования вырожденного нейтронного газа исследовали Оппенгеймер, Волков и Цвикки. Они установили, что возможны чрезвычайно быстро вращающиеся нейтронные звезды. Такая звезда сохраняет момент импульса в течение всей жизни — от начальной стадии до перехода в нейтронное состояние,

причем скорость ее вращения возрастает по мере уменьшения диаметра. Нейтронная звезда диаметром, равным 0,000001 диаметра обычной звезды, совершает полный оборот вокруг своей оси всего лишь за несколько секунд или даже доли секунды. Возникающие при этом огромные центробежные силы не в состоянии разрушить такой объект. Белый карлик, сила тяжести на внешней поверхности которого примерно в 10 тыс. раз больше, чем на поверхности Солнца, был бы мгновенно разорван такими силами.

Но и для нейтронных звезд также должна существовать некая предельная масса. Эта масса не должна быть больше 2 солнечных масс. И здесь мы подходим к конечной стадии звездной эволюции — коллапсу звезды. На этом этапе сила тяжести превосходит все другие силы и под ее действием объект «исчезает» из Вселенной — гравитация в его окрестностях столь велика, что ни частицы массы, ни электромагнитное излучение не в состоянии преодолеть ее действие и покинуть объект. Такие объекты невозможно обнаружить, поскольку они не посылают никаких сигналов в пространство; отсюда они и получили свое название — «черные дыры». Доказательства того, что действительно никакие «материальные свидетельства» существования «черных дыр» не могут вырваться за ее пределы, вытекают из общей теории относительности Эйнштейна, описывающей искривление пространства-времени вблизи коллапсирующего объекта. Единственное физическое действие, которое может оказывать черная дыра и которое можно как-то зарегистрировать, — это «поглощение» материи, включая и электромагнитные волны.

## Белые карлики

Теория конечной стадии звездной эволюции находит определенное подтверждение в результатах наблюдений.

Белые карлики были известны еще задолго до создания их теории. Существование подобных звезд впервые предсказал Бессель в своей «Астрономии невидимого», где он на основании анализа собственного движения Сириуса пришел к заключению о наличии у него неизвестного «спутника», который в 1862 г. действительно был обна-

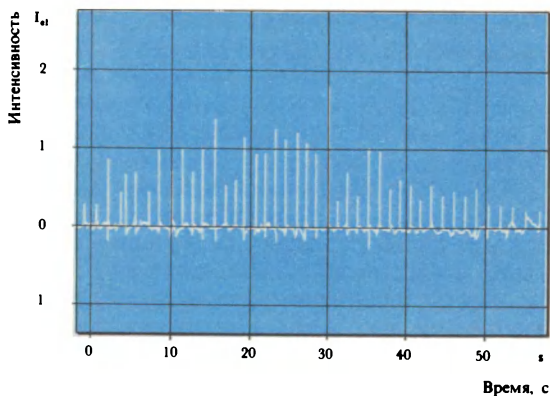
ружен американским исследователем Алваном Кларком.

Определение массы звезд в системе Сириуса показало, что сам Сириус имеет массу, примерно равную 2 солнечным, тогда как его спутник (Сириус В) обладает массой, близкой к массе Солнца. Светимость Сириуса В оказалась приблизительно в 10 тыс. раз слабее светимости самого Сириуса; это вызвало определенное недоумение, поскольку в 1915 г. путем спектроскопических исследований было установлено, что эффективная температура поверхности обеих звезд примерно одинакова (несколько выше 10000 К). Как же в таком случае объяснить более слабое излучение спутника? Вероятно, его размеры существенно меньше. Отсюда вытекало, что (при известной массе) спутник должен обладать чрезвычайно высокой плотностью: около  $1 \text{ т/см}^3$ .

С тех пор астрономы обнаружили немало других белых карликов. В настоящее время известно несколько сотен объектов такого типа с весьма различными температурами. Таким образом, выражение «белый карлик» нельзя считать достаточно точным, поскольку среди них имеются желтые и красные звезды. Однако, как показали исследования, массы всех белых карликов примерно одинаковы, в среднем они составляют 0,5 массы Солнца. Размеры белых карликов также очень близки. Определить массы белых карликов можно лишь в тех немногих случаях, когда эти объекты являются членами кратных звездных систем, ибо тогда о массах можно судить по гравитационному воздействию.

## «Маленькие зеленые человечки»

Мы видим звезды мерцающими потому, что их свет проходит в земной атмосфере слои различной плотности. Радиоизлучение из Вселенной также проникает через области межпланетного газа различной плотности. В середине 60-х годов в радиоастрономическом центре в Кембридже было создано специальное приемное устройство, предназначенное для измерения «мерцаний» в диапазоне радиоволн. Предполагалось, что период мерцаний должен составлять порядка секунды, и, следовательно,



Последовательность импульсов пульсара CP 1919 в радиодиапазоне.

приемное устройство должно было реагировать на такие колебания интенсивности радиоизлучения космических объектов. Когда в 1967 г. Джокелин Бэлл занялась расшифровкой записей сигналов космических радиоисточников, ей бросилось в глаза нечто удивительное: при зондировании некоторого участка неба были обнаружены радиосигналы в виде отдельных импульсов, следовавших друг за другом с одним и тем же временным интервалом. Это казалось необъяснимым. С присущим им юмором ученые предположили, что некие «маленькие зеленые человечки», желая привлечь к себе наше внимание, посылают нам со строгой закономерностью сигналы из глубин Вселенной.

Вначале астрономы решили не предавать гласности это открытие, поскольку ему невозможно было дать сколько-нибудь удовлетворительное объяснение. Но в конце 1967 г. обнаружилось еще несколько объектов с подобными свойствами — иными были лишь интервалы между импульсами. После этого материал был собран для публикации<sup>1</sup>. Однако поиски продолжались, и к 1969 г. насчитывалось уже более 20 подобных объектов. Было высказано предположение, что таинственные импульсы испускают белые карлики; вновь открытые своеобразные объекты получили название «пульсары». Но такое толкование не выглядело убедительным, поскольку никак не удавалось идентифицировать пуль-

<sup>1</sup> Руководителю этой радиоастрономической группы Э. Хьюишу за открытие пульсаров в 1974 г. была присуждена Нобелевская премия. — Прим. перев.



сар и белый карлик. Томас Голд выдвинул другую гипотезу, которая привлекла к себе внимание специалистов: пульсары—это быстро вращающиеся нейтронные звезды.

Согласно теории нейтронных звезд, в процессе гравитационного коллапса за короткое время выделяется огромное количество энергии, что приводит к выбросу большей части массы звезды. Поэтому образование нейтронных звезд связывают со вспышками сверхновых. Отсюда следовало, что пульсары надо искать там, где находятся остатки взрывов сверхновых. Самым известным и впечатляющим объектом, который уверенно можно считать результатом распада сверхновой, является Крабовидная туманность в созвездии Тельца. Наблюдения японских и китайских астрономов, выполненные еще в XI в., убедительно свидетельствовали о том, что именно там, где сегодня простираются многочисленные волокна Крабовидной туманности, в 1054 г. вспыхнула огромная сверхновая. И вскоре систематический поиск пульсаров в этой области увенчался успехом: примерно на месте бывшей вспышки сверхновой был обнаружен объект, излучавший радиопульсы с удивительно коротким периодом — порядка 0,033 с.

Рудольф Минковский (1895–1976) и Вальтер Бааде на основании спектральных исследований отождествили центральную звезду Крабовидной туманности

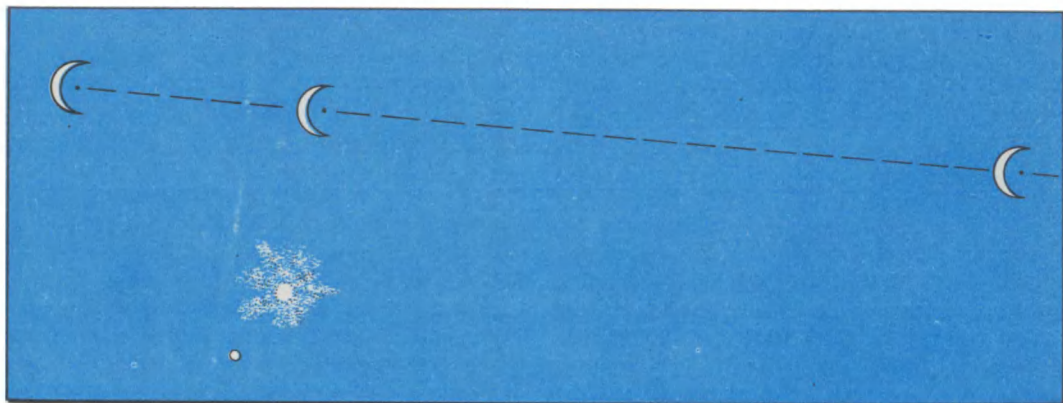
В 1054 г. японские и китайские астрономы зарегистрировали весьма интересное явление: в начале июля при убывающей Луне выше звезды из созвездия Тельца появилась «новая звезда» (сверхновая—по современной терминологии). Сегодня на месте остатков взрыва сверхновой наблюдается Крабовидная туманность, в центре которой находится пульсар.

с остатком сверхновой, вспыхнувшей в 1054 г. Однако оставались нерешенными еще два вопроса: действительно ли эта центральная звезда идентична пульсару; изменяется ли ее яркость в оптическом диапазоне с тем же периодом—0,033 с? И тот и другой вопрос удалось решить довольно быстро.

Зарегистрировать столь частые изменения яркости («мигания») в оптическом диапазоне оказалось делом весьма трудным. Здесь не годились ни фотографические пластинки, ни глаз человека; оставалось только надеяться на электронику. Соответствующая аппаратура была изготовлена на обсерватории Кит Пик в Аризоне. В ночь с 15 на 16 января 1969 г. там было установлено, что пульсар в Крабовидной туманности и в оптическом диапазоне мерцает с периодом в 0,033 с. Позднее с помощью специальной аппаратуры, поднятой на шарах-зондах в верхнюю атмосферу, удалось показать, что тот же период колебаний наблюдается и в рентгеновском диапазоне.

Эти результаты давали определенные основания считать, что пульсар в Крабовидной туманности представляет собой гипотетическую нейтронную звезду. Однако, возможно, при объяснении этого явления нельзя исходить только из теории нейтронных звезд, а необходимо рассмотреть и другие механизмы.

Со времени публикации первых захватывающих результатов о пульсарах прошло уже более десятка лет. Сегодня известно около 200 пульсаров, обнаруженных в самых разных уголках космического пространства. Геперь мы знаем о них много больше, чем можно было даже мечтать в первые годы наблюдений; в целом уже удалось обрисовать возможный механизм





Фотография Крабовидной туманности, сделанная Робертсом (1895 г.).

данного явления и объяснить ряд наблюдавшихся фактов, например, что частота импульсов связана с частотой вращения звезды. Однако многие детали наблюдений по-прежнему остаются непонятными и не укладываются ни в какую теорию. В случае пульсаров мы имеем дело с такими формами существования вещества во Вселенной, которые невозможно воспроизвести в земных лабораториях. Пульсары служат еще одним подтверждением того, что процессы, протекающие во Вселенной, дают нам единственную в своем роде возможность исследовать новые, еще неизвестные свойства материи.

## Невидимые звезды

Как мы уже отмечали, во Вселенной есть звезды, масса которых значительно превышает предельную массу стабильных нейтронных звезд. И не существует сил, способных сдержать гравитационный коллапс такой структуры. Гравитационная сила — самая слабая из известных нам сил, действующих в природе, но вместе с тем она обладает гораздо большим радиусом действия, чем, например, сила ядерного взаимодействия. Объект, достигший стадии гравитационного коллапса, сжимается, пока не достигнет бесконечной плотности.

Явление гравитационного коллапса звезд столь необычно, что вызывает сегод-

ня огромный интерес. На основании теории относительности немецкий астрофизик Карл Шварцшильд еще в 1916 г. сделал вывод, что в процессе сжатия звезда достигает некоего критического размера (получившего название гравитационного радиуса, или радиуса сферы Шварцшильда), после чего уже ничто не может воспрепятствовать ей завершить коллапс. Значение этого радиуса зависит от массы звезды. Так, для объекта с массой, равной массе Солнца, радиус сферы Шварцшильда равен 6 км. Наша Земля, чтобы достигнуть критического радиуса, должна сжаться в шар радиусом 44 мм.

Как же представляется коллапсирующая звезда удаленному наблюдателю? По мере приближения размеров сжимающейся звезды к радиусу Шварцшильда ее излучение со все большим трудом проникает во «внешний мир». Когда же объект достигает гравитационного радиуса, он вообще перестает существовать для внешнего наблюдателя. Поэтому данные объекты и называют черными дырами. Яркость объекта здесь очень быстро падает прежде всего из-за возрастающего гравитационного (релятивистского) красного смещения: если, например, вблизи сферы Шварцшильда имеет место чрезвычайно жесткое гамма-излучение, то вследствие красного смещения частота квантов излучения понижается настолько, что до наблюдателя оно доходит лишь в виде длинноволнового радиоизлучения.

Представим теперь некоего гипотетического наблюдателя, который рассматривает коллапсирующую звезду не извне, а находясь непосредственно на ее поверхности. Он видит картину коллапса совершенно иначе. Как показывают теоретические расчеты, при прохождении сферы Шварцшильда этот «наблюдатель» обнаруживает нечто в высшей степени удивительное: пространство в момент пересечения объектом сферы критического радиуса искривляется столь странным образом, что в принципе исчезает возможность возвращения в ту область пространства, которую наблюдатель только что покинул. Теперь он неуклонно падает к центру звезды. Согласно некоторым теоретическим предположениям, сколлапсировавшая звезда просто «исчезает из этого мира». При этом в любое время возможно попасть в такой объект извне, но ничто, «находящееся» там

не способно проникнуть во «внешний мир». Теоретически можно считать, что объект как бы оказывается в «другой вселенной», не имеющей никакой связи с нашей.

После того как астрономические наблюдения дали столь убедительные подтверждения теории белых карликов и нейтронных звезд, астрофизики по вполне понятным причинам принялись за поиск черных дыр во Вселенной. Но как это следует делать?

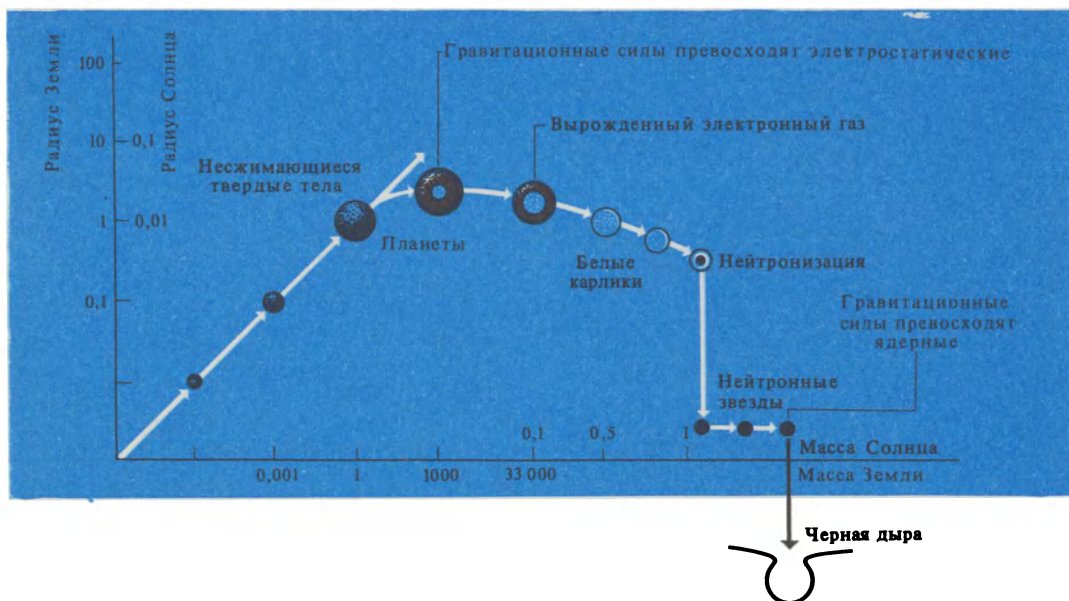
Никакой информации в виде электромагнитных волн от таких сколлапсировавших объектов поступать к нам не может. Однако черные дыры должны оказывать мощное гравитационное воздействие. Поэтому, обладая движением, которое свойственно черной дыре, как и всем другим звездам, она должна когда-то в конце концов попасть на створ луча какой-либо звезды. Какова вероятность обнаружить подобное событие? Очевидно, ничтожна, тем более если учесть, что целенаправленный поиск в данном случае исключен. Другая возможность обнаружить черные дыры заключается в выявлении «дефицита» масс

Возможности существования стабильных космических объектов: планеты, белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры. По оси ординат отложены радиусы объектов (в единицах как земного, так и солнечного радиуса), по оси абсцисс — массы (в единицах массы как Земли, так и Солнца).

в энергетическом балансе галактик. Однако надежность такого метода очень мала, поскольку на основании самого факта «дефицита» масс нельзя еще сколько-нибудь достоверно судить о причине отсутствия масс.

Остается еще одна возможность, которая кажется более обещающей: высокий процент присутствия во Вселенной двойных звезд. По-видимому, у некоторых из них одна из компонент может быть черной дырой. Такая «соседка» вследствие огромного гравитационного воздействия должна поглощать вещество другой звезды и генерировать мощное рентгеновское излучение, поскольку вещество в результате сжатия разогревается до колоссальных температур. Поэтому следовало бы предпринять поиски систем двойных звезд, у которых наблюдается лишь одна компонента и которые вместе с тем служат источниками интенсивного рентгеновского излучения. Однако до сих пор подобные поиски остаются безуспешными. А существуют ли вообще черные дыры?

На этом мы заканчиваем рассказ об астрофизических исследованиях небесных объектов. История развития наших знаний об эволюции звезд не оставляет сомнений в том, что в обозримом будущем мы сможем еще глубже проникнуть в их тайны. Смелые теоретические концепции и новые технические средства — вот наши неocene- ные помощники на этом нелегком пути.







Туманность Андромеды – объект NGC 224 (или М 31).

---

# В МИРЕ ГАЛАКТИК

... Предположим, мы познали бы все свойства песчинки; значит ли это, что тем самым мы исследовали бы всю Вселенную?

В полной мере познать песчинку возможно, только поняв всеобщие законы мироздания.

*(Из беседы с Альбертом Эйнштейном)*

---

## Неизмеримая среда

Один древнегреческий миф рассказывает, что Геракла еще младенцем его мать Алкмена бросила в чистом поле. Однако Зевс—отец Геракла—приказал Гермесу подобрать новорожденного и ночью тайком накормить его молоком матери богов Геры. Гермес принес младенца на Олимп и приложил его к груди спящей Геры, дабы маленький Геракл мог вкушать божественное молоко, способное сделать его бессмертным. Но Гера проснулась и возмущенно оттолкнула ребенка от себя, а божественное молоко из ее груди разлилось по небу. Таково сказание о возникновении Млечного Пути.

Однако уже Демокрит предполагал, что Млечный Путь состоит из бесчисленного количества звезд, и Галилей при помощи телескопа подтвердил это предположение.

Прогресс в толковании Млечного Пути намечился в XVII в. В 1750 г. в Лондоне появилось сочинение «Оригинальная теория новой гипотезы Вселенной», принадлежащее перу 39-летнего философа и естествоиспытателя Томаса Райта из Дарема.

В форме писем Райт излагал свои мысли об основных принципах строения Вселенной. Особое внимание он уделил Млечному Пути. Пытаясь объяснить, почему в столь протяженной и сравнительно узкой зоне сосредоточено так много звездных объектов, Райт высказывает предположение, что это следствие особого пространственного расположения звезд. Звезды, как он считал, распределены в относительно обособленной структуре сильно сплюснутой формы, так что наблюдатель, находящийся где-то в центре этой системы, видит тем больше звезд, чем дальше он смотрит

в направлении гродольной оси образования. Так Райт объяснял структуру Млечного Пути.

Сочинение Райта попало в руки молодого кенигсбергского философа Иммануила Канта, очень живо интересовавшегося проблемами натурфилософии. Мысли Райта упали на благодатную почву и послужили толчком к созданию наиболее значительного произведения молодого Канта—«Всеобщей естественной истории и теории неба»,—о котором мы уже рассказывали.

Активно используя идею Райта относительно феномена Млечного Пути, Кант высказывает еще более смелые мысли и, наконец, приходит к концепции развития звезд и звездных систем. Поэтому Канта заслуженно можно считать родоначальником учения об эволюции в природе вообще.

Выдвинутое в те далекие времена принципиально правильное толкование слабо мерцающей полосы Млечного Пути позволило сделать первые шаги в направлении, в каком астрономы продолжают идти и в наши дни. Это толкование дало ключ к научному исследованию строения звездных систем.

## Звездные эталоны Гершеля

Пионером этих исследований на исходе XVIII в. стал великий астроном того времени Вильям Гершель. В своей работе он неукоснительно следовал принципу: «не принимать ничего на веру» и проверять все, что видели прежде другие.

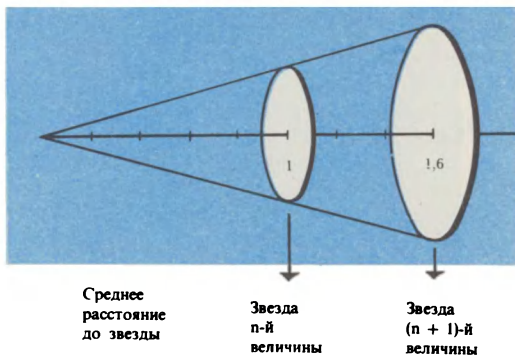
Успехи Гершеля не в последнюю очередь были обусловлены теми великолепными инструментами, которыми он располагал, работая в промышленно развитой Англии. Этот ученый, богатый всевоз-

можными техническими идеями и к тому же имевший золотые руки ремесленника, за свою жизнь в науке сумел, не прекращая других исследований, собственноручно отшлифовать около 400 металлических зеркал для телескопов! Самый большой из его телескопов явился выдающимся достижением в приборостроении того времени. В огромной трубе этого инструмента помещалось металлическое зеркало диаметром 122 см. Однако конструирование инструментов ни в коей мере не было для Гершеля самоцелью.

Он использовал их для решения величайших исследовательских проблем, в частности связанных с пространственным распределением звезд во Вселенной. Начиная с 1784 г. Гершель опубликовал много работ на эту тему.

Гершель считал те немногие сведения о распределении звезд на небе и количественные данные о Млечном Пути слишком скудными, чтобы они могли служить отправными пунктами для создания фундаментальной гипотезы о распределении звезд в пространстве. Поэтому он приступил к систематическому подсчету звезд в различных областях неба. При помощи своих огромных телескопов он мог заглянуть в космическое пространство намного глубже, чем другие исследователи. Гершель выделил на небесной сфере 3400 участков, в пределах которых он и подсчитывал звезды. В некоторых областях скопление этих светящихся объектов было так велико, что даже сам по себе подсчет их угрожал перерасти в неразрешимую проблему. Так, при наблюдении участка в созвездии Лебедя за несколько часов в поле зрения телескопа прошли десятки тысяч звезд.

Гершель поставил перед собой цель — исследовать распределение звезд, используя так называемый метод черпков. При этом ему неизбежно пришлось исходить из ряда предположений, которые, хотя и казались убедительными, но не имели точных доказательств. Так, он принял, что звезды в среднем распределены в пространстве равномерно. Вооруженный телескопом наблюдатель видит небо в пространственном конусе, вершина которого расположена в фокусе телескопа, а основание — на расстоянии, зависящем от разрешающей силы инструмента. Объем этого конуса пропорционален радиусу его основания в квадра-



Соотношения между видимыми звездными величинами и средними расстояниями до звезд. Эти соотношения лежат в основе звездной статистики.

те, значение которого можно определить по количеству наблюдаемых звезд. В результате подобных рассуждений Гершель пришел к картине распределения звезд, которая в основных чертах соответствовала действительности. В своих размышлениях Гершель пошел дальше, предположив, что слабосветящиеся звезды более удалены от наблюдателя, чем яркие. Затем он провел весьма трудоемкую работу, пытаясь определить не только число и яркость звезд в различных участках неба, но и форму, а также размер звездной системы в целом.

Во времена Гершеля абсолютные расстояния до звезд еще не были известны. Поэтому он выбрал в качестве единицы расстояния «удаленность Сириуса». Это позволило Гершелю определить, что диаметр пласта, в котором располагаются звезды, составляет 850 таких единиц, а его толщина — 155 единиц (т.е. сжатие пласта составляет примерно 1:5,5). Хотя это значение незначительно отличается от истинной величины (1:6), полученные им размеры совершенно не соответствовали реальным. Правда, это выяснилось лишь 150 лет спустя.

Гершель отлично сознавал, что все его предположения весьма приближенны и что снять покров с многочисленных тайн, которые скрывала природа, можно только путем упорного труда многих поколений исследователей и непрерывного совершенствования астрономических инструментов.

Первый шаг в неведомое был труден, но необходим. Как всякого пионера, Гершеля постигало немало неудач. Но именно он



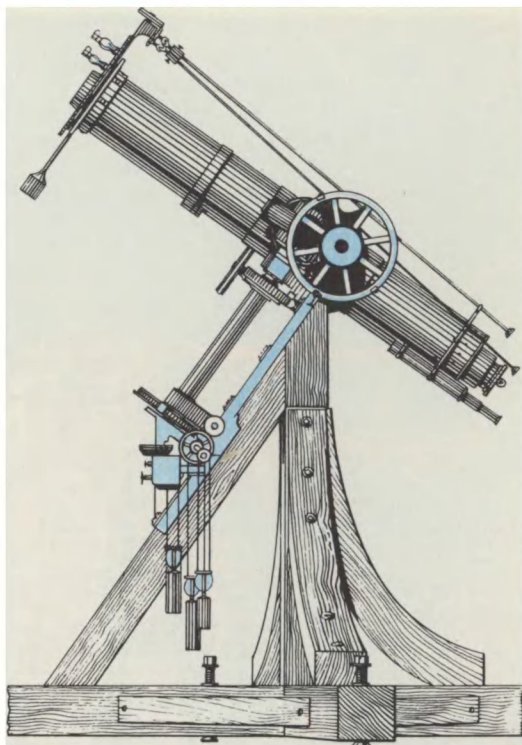
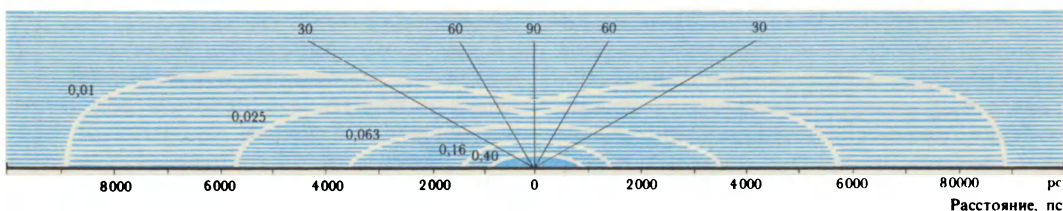
заложил основы, благодаря которым последующие поколения исследователей добились значительного прогресса в познании Вселенной.

## Выборочное изучение неба

В начале XIX в. астрономы с энтузиазмом взялись за решение «проблемы Гершеля». Теперь в их распоряжении оказалось множество данных, о которых во времена Гершеля даже и не подозревали. Примерно в 1838 г. Фридрих Вильгельм Бессель, Василий Яковлевич Струве (1793–1864) и Томас Гендерсон (1798–1844) впервые определили расстояния до некоторых звезд. В XIX в. астрономы усиленно занимались составлением обширных звездных каталогов. Так, в Боннской обсерватории Аргеландер и его сотрудники систематически проводили обозрения северной части небесной сферы. Под их влиянием к созданию такого рода каталогов обратились и другие обсерватории. Фотометрические измерения яркости звезд, сменившие прежние ориентировочные оценки, позволили вывести соотношение между старой шкалой звездных величин и видимой яркостью звезд. Закон Вебера — Фехнера, о котором мы уже упоминали, дал принципиальную возможность использовать информацию, полученную при измерениях яркости, для определения расстояний до звезд. Правда, для этого требовалось знать так называемые абсолютные звездные величины, т. е. количество света, в действительности излучаемого звездой. Как показали исследования, предположение Гершеля о том, что яркости всех звезд одинаковы, оказалось ошибочным; напротив, они существенно отличались.

С одной стороны, эти данные послужили

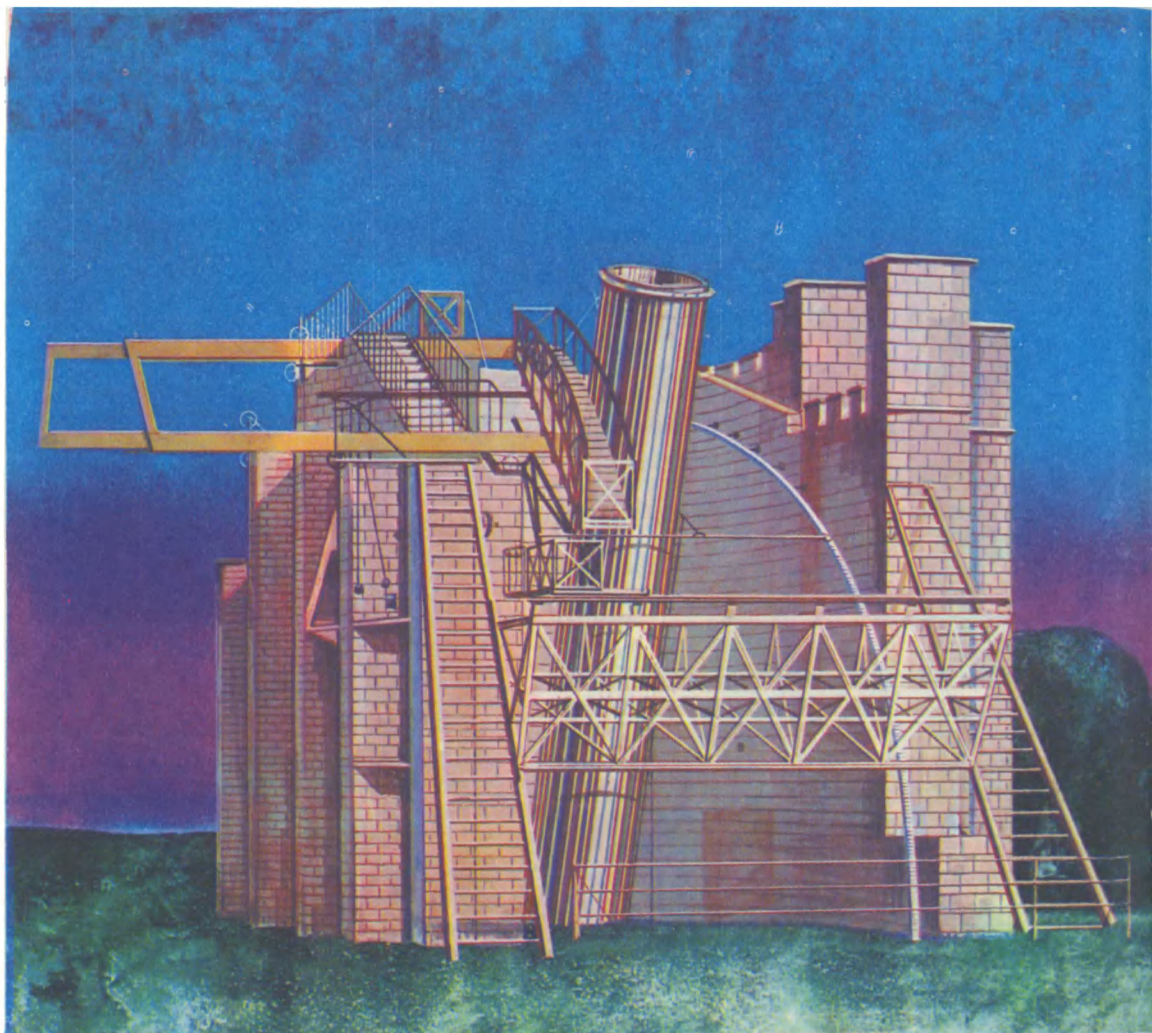
Распределение плотности звезд в звездной системе (по данным Каптейна); плотность звезд равномерно падает по мере удаления от центра системы.



Гелиометр Й. Фраунгофера, с помощью которого Бессель измерял параллаксы звезды Лебедь 61.

важной предпосылкой для дальнейших исследований распределения звезд во Вселенной, но, с другой стороны, породили новые трудности. Как же можно было решить эту грандиозную задачу? Прямой путь исключался, поскольку нелегко было определять расстояние до каждой звезды. Оставалось вновь обратиться к методу Гершеля, но уже основываясь на новых результатах. Так возникла современная методика звездной статистики. Основой таких статистических исследований служили данные о звездах — прежде всего об их яркостях, — собранные в многочисленных каталогах.

Предпринимались попытки математически рассчитать плотность звезд в различных областях Вселенной. Решением



Крупнейший зеркальный телескоп XIX в. — «Левиафан» лорда Росса с металлическим зеркалом диаметром 1,8 м.

этой задачи, в частности, занимался уже упоминавшийся нами Карл Шварцшильд. Правда, в подобных исследованиях ученые исходили из предположения Гершеля, хотя и обновленного, полагая, что звезды симметрично распределены вокруг Солнца. Естественно, результат имел чисто формальный характер. Исключительное положение Солнца среди огромного множества звезд казалось весьма сомнительным. Согласно полученной схеме звездного распределения, плотность звезд заметно падала при удалении от центра, причем в направлении продольной оси Млечного Пути гораздо медленнее, чем в поперечном направ-

лении. В результате звездная система оказалась сильно сжатой структурой (сжатие 1:5), как это было прежде у Канта и Гершеля. Однако полученные результаты никак не отражали такой характерной особенности Млечного Пути, как видимое неравномерное распределение звезд: чередование «густонаселенных» звездных облаков и «пустот».

Становилось очевидным, что эти видимые неравномерности оказались не выявленными потому, что сама исходная посылка была ошибочной. Оставался один выход — отказаться от аналитических методов и вернуться к простым подсчетам, т.е. к методу Гершеля.

Наиболее известным сторонником подобного подхода был голландский астроном Якобус Корнелис Каптейн

(1851–1922). Он разделил окружающее Солнце пространство на концентрические шаровые оболочки. Толщину каждой оболочки он принял столь малой, что в пределах ее объема плотность звезд можно было считать постоянной. Из материалов наблюдений он знал, какое количество звезд обладает той или иной яркостью. Теперь задача состояла в том, чтобы определить число звезд различной яркости в каждой шаровой оболочке.

Но, несмотря на наличие обширных каталогов, наблюдательного материала для выполнения подобной работы было явно недостаточно, особенно это относилось к слабо светящимся звездам. Каптейн разработал обширную программу исследований, в которой должны были принять участие обсерватории всего мира. Подобно Гершелю, который брал «черпки» из определенных областей неба, Каптейн также отобрал 206 участков, равномерно распределенных по всему небу. В 1906 г. Каптейн, опубликовав перечень избранных участков, призвал астрономов присоединиться к исследованиям. Предполагалось, что при этом понадобятся самые разнообразные сведения о звездах. Многие крупные обсерватории выразили готовность содействовать осуществлению данной программы — каждая в той области астрономии, в которой она специализировалась.

Результаты таких статистических наблюдений мало отличались от результатов, полученных ранее аналитическим путем: плотность звезд уменьшалась по всем направлениям, причем особенно быстро в направлении полюса Млечного Пути. Таким образом, статистические методы, как и аналитические расчеты, также давали картину «звездной Вселенной» как вращающегося симметричного образования, имеющего вид эллипсоида вращения.

А что следовало понимать под спиральными образованиями, открытыми лордом Россом еще в XIX в.? Использование фотографии позволило получить гораздо больше деталей этих образований, чем удавалось различить в большие зеркальные телескопы. Туманность в созвездии Андромеды, без сомнения, была спиралевидным образованием. Особенно поражали фотографии светящегося «огненного колеса» в созвездии Гончих Псов, полученные в 1900 г. Что же представляло собой это великолепное образование? Оче-

видно, это была вращающаяся структура с очень плотным ядром, в которой выделялись два широких «рукава», напоминающие по форме спираль. Герман Кобольд (1858–1942) писал, что наблюдателю, находящемуся вблизи центральной части такого образования, оно до мельчайших подробностей напоминало бы систему Млечного Пути. Уже не означало ли это, что мы сами находимся в огромной спиралевидной звездной системе? Но чем тогда являются другие спиралевидные образования — членами некой общей системы или совершенно независимыми структурами? Масса вопросов! Именно тогда при исследовании некоторой особой группы звезд произошло удивительное событие, имевшее огромное значение.

## Открытие Харлоу Шепли

Начиная с первых исследований структуры звездной системы, ученые заинтересовались вопросом о распределении в пространстве космических объектов: все ли объекты — независимо от их специфических свойств — имеют одинаковое распределение.

В этой связи американский астроном Харлоу Шепли (1885–1972) занялся изучением распределения шаровых звездных скоплений, где наблюдалась четко выраженная концентрация звезд в центре. Там они располагались столь плотно, что даже самые большие телескопы были не в состоянии разрешить скопления на отдельные «объекты». По краям больших шаровых скоплений насчитывалось до 70 тыс. звезд; полагают, что самые крупные скопления содержат до 50 млн. звезд.

В распределении шаровых звездных скоплений на небе наблюдалась одна весьма заметная особенность: почти треть скоплений сосредоточена в созвездии Стрельца. Однако для получения более точных представлений о распределении звездных скоплений необходимо было знать расстояние между ними.

Исследование краевых зон шаровых звездных скоплений привело к открытию целого ряда переменных звезд типа дельта Цефея (откуда они получили название «цефеиды») и RR Лиры. Еще в 1908 г. было высказано соображение, что при определе-



нии расстояний эти звезды целесообразно использовать в качестве неких эталонов. Американский астроном Генриетта Суон Ливитт (1868–1921), в начале нашего столетия исследовавшая цефеиды в Малом Магеллановом Облаке (их можно было считать находящимися на одном и том же расстоянии), установила очень интересную зависимость: чем ярче звезда, тем с большим периодом изменяется ее блеск. Позднее благодаря появлению новых материалов эту зависимость удалось сформулировать точнее: абсолютная звездная величина пропорциональна логарифму периода изменения ее блеска. Тем самым, определив период изменения блеска дельты Цефея, что было довольно легко, представлялось возможным получить информацию об ее абсолютной звездной величине.

Однако, чтобы применить данный метод для определения абсолютных расстояний, следовало где-либо, вне Магеллановых Облаков, найти переменные того же типа, расстояние до которых можно было установить также посредством измерений тригонометрических параллаксов; тем самым можно было получить калибровку зависимости период – звездная величина. После этого определение периодов становилось равносильно определению абсолютной звездной величины, т. е. такой звездной величины, которую имела бы интересующая нас звезда, если бы она находилась на расстоянии 10 пс (парсек), или 32,6 световых года. Из сравнения видимых и абсолютных звездных величин нетрудно вычислить расстояния.

Открытие Ливитт, естественно, порадовало Шепли, ибо оказалось весьма полезным при изучении распределения шаровых звездных скоплений. В результате своих исследований Шепли пришел к следующему заключению: шаровые звездные скопления встречаются во всех направлениях относительно центра Галактики; они достаточно равномерно распределены в наблюдаемой Вселенной. В отличие от данных звездной статистики, согласно которым система шаровых скоплений достигает 10 тыс. пс в длину и 2 тыс. пс в толщину, результаты Шепли гласили, что она обладает грандиозными размерами: ее диаметр составляет примерно 100 тыс. пс. Важное значение имел и другой установленный факт: ее центр находится в той области неба, которая ранее обозначалась

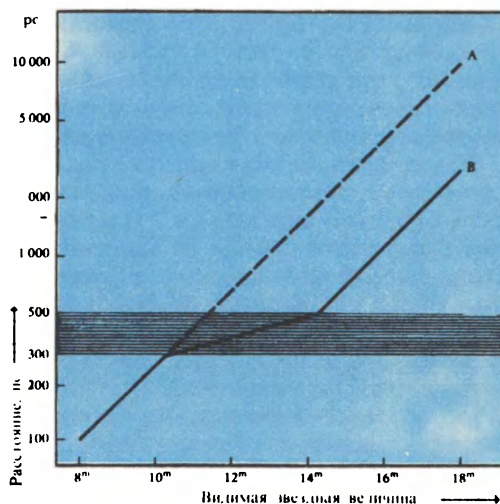
как центр Галактики. Расстояние между центром (он же был и центром тяжести) звездного скопления и Солнцем достигает 5 тыс. пс.

Что дали эти сведения для понимания структуры нашей звездной системы? Шепли показал, что центр системы шаровых скоплений совпадает с центром Млечного Пути. Это означало, что все прежние результаты исследования звездной Вселенной касались лишь ближайшей окрестности Солнца, другими словами, изучалась только «локальная система», тогда как звездная система в целом оказалась намного больше. Прежние представления о структуре звездной системы, установленные на основе звездной статистики, канули в небытие. Хотя размеры системы шаровых скоплений, указанные Шепли, в дальнейшем подверглись существенным уточнениям, в принципе его представления подтвердились.

## Пыль и газ вместо прозрачности

Еще Гершель считал, что Вселенная, по-видимому, заполнена не только светящимися образованиями типа звезд и туманностей; вполне вероятно, что там существуют протяженные области несветящейся материи. Многие десятилетия длились неиссякаемые, но безрезультатные дискуссии

Кривая поглощения света в облаках межзвездного вещества.





Туманность «Северная Америка» (объект NGC 7000) в созвездии Лебедя.



о наличии межзвездного вещества в космическом пространстве.

Огромный вклад в разрешение этого вопроса внесла фотография и особенно применение в астрономических исследованиях телескопов с короткофокусными объективами. Это позволило визуально наблюдать множество разнообразных структур. Среди них наиболее известна туманность в созвездии Лебедя, получившая из-за своих очертаний название «Северной Америки». Казалось, что эта чрезвычайно богатая звездами область соседствует с очень слабо светящимся участком. Но действительно ли это так?

Макс Вольф отрицательно относился к подобному предположению и полагал, что наблюдениям препятствуют протяженные темные пылевые облака. Рассуждая о свойствах и протяженности облаков, Вольф исходил из следующих соображений. Количество звезд на единицу поверхности неба, попадающее в поле нашего зрения, возрастает по мере падения их видимой яркости. Чем дальше проникает взгляд в глубины пространства, тем слабее кажутся звезды, в то время как на каждый квадратный градус неба приходится все больше пространства. Вольф сравнил реальное увеличение числа звезд с теоретическими оценками и получил весьма интересные кривые, названные позднее его именем. В отличие от кривой, которая отражает зависимость видимой яркости от расстояния для «чистой» области неба, кривая, соответствующая темной области, имела изгиб. По видимой яркости, при которой возникал этот изгиб, можно было определить среднее значение расстояния, откуда начиналась темная область. Светимость же звезды, при которой кривая вновь резко изгибалась и отныне шла уже параллельно «чистой» кривой, соответствовала расстоянию до конца темного облака. Так, впервые удалось приближенно измерить протяженность темных облаков и расстояния до них. Хотя в своем первоначальном варианте этот метод был далек от совершенства, тем не менее он позволил установить, что темные облака располагаются преимущественно в области галактического экватора. Различное невооруженным глазом разветвление Млечного Пути в созвездии Лебедя, как вытекало отсюда, видимо, также обусловлено наличием темных облаков. Диаметр последних,

согласно оценкам, составлял от нескольких до многих сотен парсек. Вещество, содержащееся в некоторых темных облаках, несмотря на малую плотность, имело очень большую массу — порой, в тысячу раз превышающую массу Солнца.

Поскольку темные облака представляли собой относительно плотные, но неравномерно распределенные в пространстве структуры, перед звездной статистикой встал крайне важный вопрос: существует ли в космическом пространстве более равномерно распределенная материя, которая, поглощая свет, идущий от звезд, приводит к систематическим ошибкам в результатах звездной статистики?

Ответить на этот вопрос можно, сравнив значения расстояний до звезд, полученные путем тригонометрических измерений, с теми, что давали фотометрические методы. Подобные сравнительные исследования, как бы трудны и даже неточны они ни были, показали, что независимо от наличия темных облаков свет звезд из любого участка неба всегда доходит до нас несколько ослабленным.

В то время ученые уже располагали кое-какими косвенными сведениями о широком распространении в космическом пространстве поглощающей излучение межзвездной материи, однако о ее распределении практически ничего не было известно. Ученым пришлось немало потрудиться, прежде чем удалось выяснить, что изменение звездного света действительно обусловлено межзвездным веществом и рядом его специфических свойств.

Как же повлияла эта новая информация на уже укоренившиеся представления?

Прежде всего факт существования поглощающего свет межзвездного вещества говорил о том, что возможности исследования плотности распределения звезд во Вселенной ограничиваются особенностями строения последней. Следовательно, имеется некий «предел видимости», или максимальное расстояние, на которое способен проникнуть наш взгляд. Полагая, что в среднем поглощение света во всех направлениях одинаково и равно приблизительно 0,5 звездной величины на 1000 пс, можно оценить его значение: оно составляет около 6000 пс. О распределении же звезд «за» этим пределом мы не можем судить сколько-нибудь достоверно, хотя свет некоторых особенно ярких звезд доходит до



нас и из более далеких космических глубин.

Учет эффекта поглощения дал поразительный результат: звезды в плоскости Млечного Пути распределены неравномерно. Солнце не занимает здесь центрального положения, поскольку в разных направлениях плотность уменьшается неравномерно. Так, в направлении созвездия Стрельца — самого «густонаселенного» участка Млечного Пути — плотность звезд сначала уменьшается, а затем снова возрастает, достигая примерно той же величины, что и в окрестностях Солнца. Однако в противоположном направлении плотность непрерывно и быстро падает с расстоянием. Звездное облако в созвездии Щита оказалось локальным сгущением, находящимся на расстоянии порядка 2500 пс. Чем дальше исследователи проникали в глубь Вселенной, тем более расплывчатой становилась картина, так как помимо равномерного ослабления с расстоянием звездный свет также поглощался в многочисленных темных пылевых облаках. Однако даже приблизительный учет поглощения света в межзвездном пространстве привел к результатам, которые вполне согласовались с выводами, сделанными при изучении распределения шаровых звездных скоплений, а именно: область, ближайшая к Солнцу, — это всего лишь крошечный участок обширной системы (сгущения) звезд, к которой принадлежит и Солнце.

Наблюдая наиболее яркие звезды (прежде всего чрезвычайно яркие звезды спектральных классов О и В, а также переменные типа RR Лиры), астрономы смогли сделать еще кое-какие предположения относительно распределения звезд во Вселенной. Распределение звезд О- и В-классов оказалось экстремально неравномерным; единственное разумное объяснение этому состояло, по-видимому, в том, что в данном случае наблюдение ведется вдоль спирального рукава.

При обследовании Млечного Пути в поисках шаровых звездных скоплений в очень небольшом районе неподалеку от его центра были обнаружены космические объекты, свет которых ослаблялся очень незначительно. Отсюда астрономы сделали вывод, что именно через эту «дыру» в дебрях темного межзвездного вещества,

возможно, удастся проникнуть вплоть до области ядра Млечного Пути. Целенаправленный поиск звезд типа RR Лиры в этой области вскоре дал положительный результат: здесь действительно были обнаружены переменные, существенно уступающие по яркости соседним звездам. Это, очевидно, означало, что подобные переменные, вероятнее всего, сосредоточены в центральной области Млечного Пути. По измерениям их видимой яркости было определено расстояние до них — оно составляло порядка 8600 пс. Именно эту величину приняли как расстояние Солнца от центра Млечного Пути. Согласно современным данным, оно равно примерно 9 тыс. пс.

Постепенно из множества наблюдений начала вырисовываться, хотя и весьма фрагментарная, но в целом вполне достоверная картина: звездная система представляет собой сильно сжатое скопление звезд, которые в свою очередь объединяются в более мелкие скопления и облака. В центре системы, как предполагалось, существует сгущение. Область вблизи экваториальной плоскости Млечного Пути неравномерно заполнена облаками межзвездного вещества. Максимальная протяженность звездной системы достигает 30 тыс. пс, а ее наибольшая толщина — порядка 5 тыс. пс (т.е. сжатие 1:6). Это сплюснутое образование окаймляет огромная сфера, включающая переменные типа RR Лиры, а также другие старые звезды и шаровые скопления.

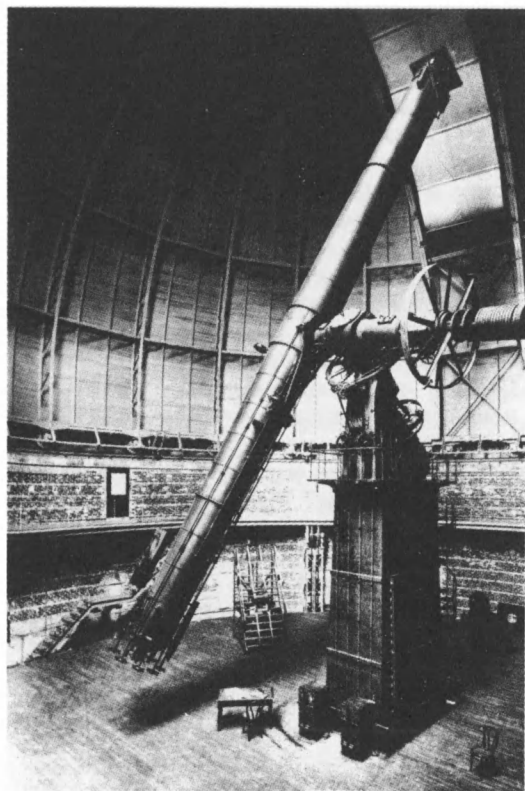
К описанной картине, явившейся итогом оптических наблюдений, добавились многочисленные впечатляющие результаты фотографирования объектов, которые сегодня мы называем внегалактическими. Следует заметить, что долгое время природа этих объектов представлялась весьма неясной. Как доказать, что это не «газовые туманности» или скопления звезд в нашей звездной системе? В первые два десятилетия XX в. аргументы в пользу спиралевидного строения других систем и существования поглощающих свет слоев вблизи галактического экватора таких образований выглядели весьма правдоподобными, но не доказанными умозаключениями. Однако вскоре благодаря дальнейшему прогрессу в технике наблюдений положение в корне изменилось.

## Мистер Хукер и его доллары

В начале XX в. стремление усовершенствовать астрономические инструменты упиралось в материальную проблему. Выдающийся американский астрофизик и блестящий организатор науки Джордж Эллери Хэйл (1868–1938) одним из первых понял необходимость поисков источников финансирования для подобных разработок. Он обратился за помощью к некоторым промышленным и финансовым магнатам США. В XIX в. с созданием самых больших американских рефракторов были связаны имена крупных предпринимателей Лика и Йеркса.

Мотивы «интереса» американских миллионеров к такого рода работам были весьма своеобразны. Так, Хэйл, беседуя с «трамвайным королем» Чикаго Йерксом, воодушевленно рассказывал тому об огромном телескопе, установленном на горе Гамильтон в Калифорнии. «Как! – почти

19-метровая труба Йеркского рефрактора (США), имеющего самую большую на сегодняшний день линзу.



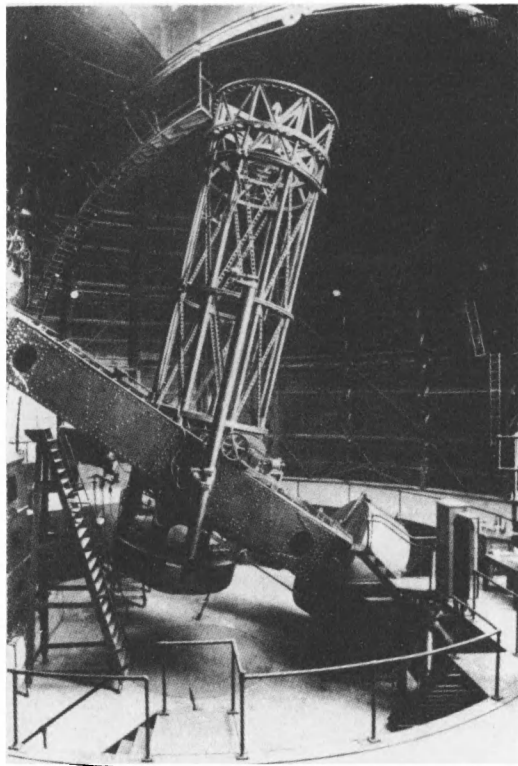
с возмущением воскликнул Йеркс. – Самый большой телескоп стоит не в Чикаго – самом богатом и великом городе мира? Прошу Вас, мистер Хэйл, изготовьте еще больший телескоп, а счет пришлите мне». Так появился Йеркский рефрактор, обладающий самым мощным по тем временам линзовым объективом диаметром 102 см.

Хэйл сумел также зажечь идеей создания большого зеркального телескопа другого американского миллионера – Джона Д. Хукера из Лос-Анджелеса. Хукер выделил на это дело 45 тыс. долл. В процессе приготовления к строительству телескопа с зеркалом диаметром 2,5 м в виду дороговизны стеклянного диска Хукеру пришлось еще потратиться. Только два года спустя, когда, наконец, удалось изготовить зеркало требуемых размеров, закончился первый этап строительства. Правда, качество доставленного из Франции диска оказалось неудовлетворительным. Французская фирма не имела опыта в отливке столь больших зеркал, и ей пришлось снова взяться за дело. На этот раз в специальную плавильную печь загрузили 4,5 тыс. кг стекла. Однако при охлаждении стеклянный диск треснул. Лишь четвертая попытка привела к успеху, но Хукера тогда уже не было в живых. Дальнейшие расходы по финансированию взял на себя фонд Карнеги. В 1902 г. это учреждение основал мультимиллионер Карнеги, предоставив в его распоряжение 10 мл. долл., что, правда, составляло лишь малую долю колоссальных богатств самого Карнеги.

Между тем в Пасадене все было приготовлено для шлифовки огромного зеркала. Дж. Ричи (1864–1945) специально для этой цели разработал новое техническое приспособление. Обработка длилась 5 лет. На каждой ее стадии тщательно исследовались различные свойства зеркала, что позволяло правильно и четко планировать дальнейшую работу.

После завершения шлифовки и определения оптических параметров зеркала инженеры и астрономы совместно приступили непосредственно к монтажу инструмента. Это был гигант, не знавший себе равных. Общая масса подвижных частей телескопа достигала 90 тыс. кг. Изготовление частей инструмента, требовавшихковки и литья, было поручено крупной американской кораблестроительной верфи.

Наконец, в 1919 г. новый инструмент



Зеркало Хукера на обсерватории Маунт-Вилсон, открывшее «путь» в глубины Вселенной.

вступил в действие. Не без волнения Хэйл и Адамс направили «искусственный глаз» на самую большую планету Солнечной системы – Юпитер. И каково же было их удивление, когда то, что они увидели, оказалось далеко не лучшим изображением планеты по сравнению с теми, которые им случалось наблюдать в телескоп ранее. Более того, в окуляре плясало множество совершенно размытых изображений планеты. Может быть, это следствие деформации огромного зеркального диска? Однако его предварительные испытания в лаборатории дали отличные результаты. В чем же дело? Исследователи предположили, что странный эффект вызван дневными колебаниями температуры и решили подождать несколько часов. Но это ни к чему не привело, и разочарованные Хэйл и Адамс покинули обсерваторию. Неужели все усилия были напрасны? Под утро они вернулись на наблюдательную площадку, но Юпитер уже скрылся за горизонтом. Тогда астрономы навели инструмент на яркий Сириус

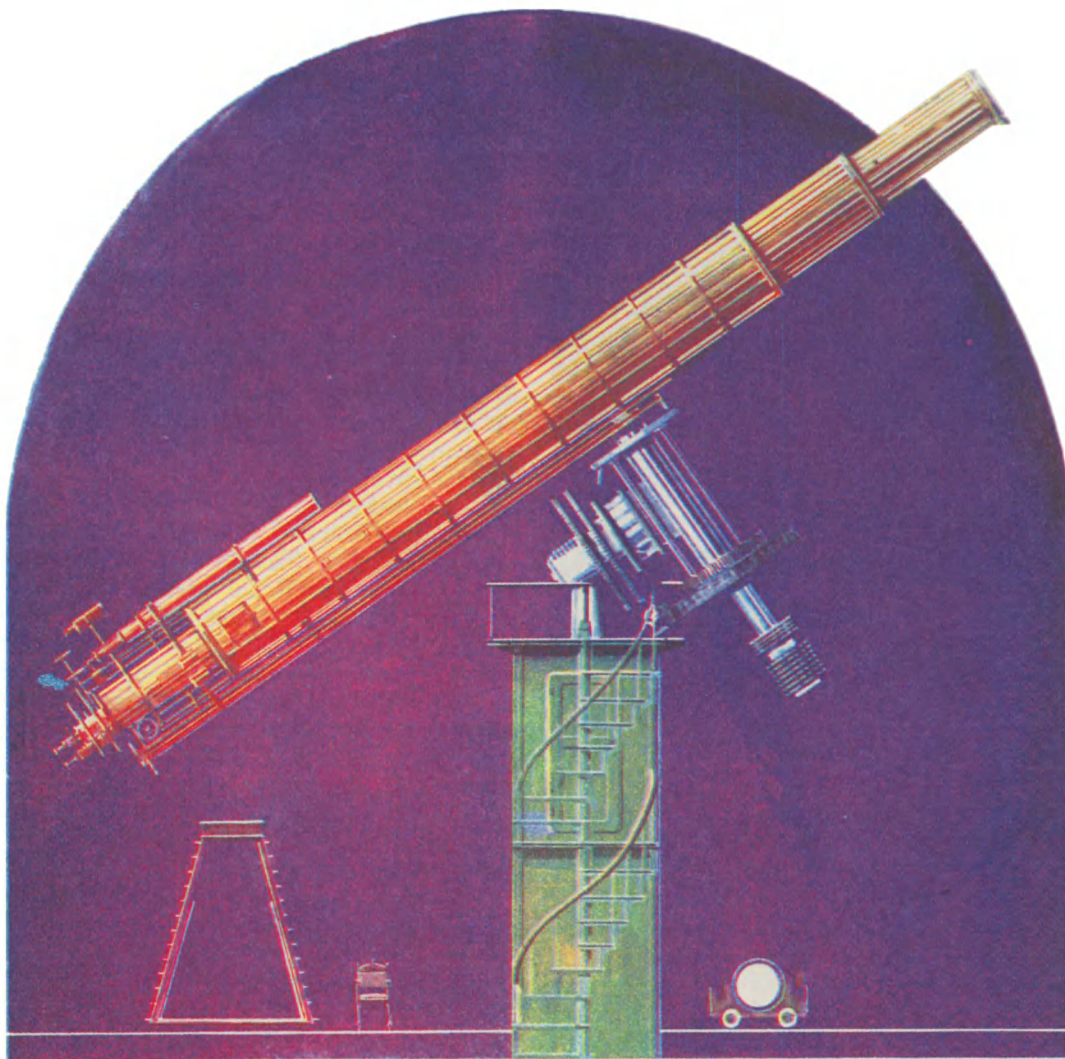
в созвездии Большого Пса и увидели очень отчетливую светящуюся точку. За ночь температура зеркала стабилизировалась – теперь можно было начинать систематические наблюдения.

## Новые звездные «острова»

Эдвин Пауэлл Хаббл (1889–1953), молодой талантливый астроном из обсерватории Маунт-Вилсон, оказался для Хэйла буквально находкой, и он привлек его к работе на новом 2,5-метровом телескопе. Хаббл оправдал доверие, и благодаря ему этот уникальный по тем временам инструмент в полную силу использовался для получения многочисленных данных о мире звезд.

Через несколько лет после вступления телескопа в действие Хабблу удалось разрешить внешние участки туманности Андромеды на отдельные звезды и таким образом «закрыть» тянущуюся еще со времен Гершеля дискуссию о природе этого объекта. Как еще ранее предполагалось, насыщенные звездами объекты не обязательно должны находиться вне Млечного Пути. Шаровые звездные скопления, рассеянные звездные скопления, звездные облака – все это свидетельствовало о том, что такое предположение вполне обоснованно. Поэтому разрешение туманности Андромеды на отдельные звезды не явилось из ряда вон выходящим событием, тем более что еще примерно 100 лет назад высказывались соображения, что это «туманное пятно», как и некоторые другие подобные «пятна», возможно, состоит из отдельных звезд. Примерно в 1907 г. стокгольмский астроном Карл Болин даже решил, что ему удалось определить параллакс туманности Андромеды, и на основании этого оценил ее удаленность от Солнца примерно в 20 световых лет. Однако в 1917 г. Гебер Кертис (1872–1942) получил совершенно иное значение. Наблюдая новую в туманности Андромеды, он разумно предположил, что в среднем максимальные абсолютные яркости новых должны быть примерно одинаковы, следовательно, по разности абсолютной и видимой яркостей можно оценить расстояние. Согласно Кертису, расстояние до туманности Андромеды превышало 3 млн. световых лет (примерно 1 млн. пс), что резко отличалось от данных Болина. Но результат Кер-





Ликский рефрактор (США)—один из самых крупных телескопов мира.

тиса также представлялся сомнительным, поскольку не было уверенности, что наблюдаемая новая действительно принадлежит туманности Андромеды.

Выход из этой затруднительной ситуации предложил Хаббл. Он фотографическим путем исследовал объекты, расположенные в краевых участках (которые удалось разрешить на звезды) туманности Андромеды и обнаружил среди них (на фотопластинке, снятой 5 октября 1923 г.) переменную звезду типа дельты Цефея. Это открывало надежный путь определения расстояния до туманности: измерить изменения яркости этой звезды, а затем по

ее абсолютной яркости определить расстояние. К концу 1924 г. Хаббл открыл в туманности Андромеды 36 переменных звезд, 12 из которых были звездами типа дельты Цефея (цефеидами). На основании этих наблюдений удалось определить расстояние до туманности—оно составило примерно 900 тыс. световых лет. Теперь уже не оставалось никаких сомнений, что туманность Андромеды, названная Симона Мариусом еще в XVII в. «светом свечи, видимым через рог», представляет собой огромную звездную систему, расположенную во Вселенной далеко от нашего собственного звездного острова.

Так возникла новая область исследований, позволивших существенно расширить и уточнить астрономическую картину ми-

ра. Убедительное доказательство нецентрального положения Солнца в звездной системе, опровергавшее прежние представления, явилось своего рода завершением работ Галилея, который еще в 1610 г. смог разрешить на отдельные звезды Млечный Путь. Так было окончательно разрушено наивное представление о Солнце как о центре мира. Отныне нашим глазам открылась во всем своем величии грандиозная Вселенная звездных систем. Однажды Джеймс Джинс, один из пионеров исследования Вселенной, сравнил нашу звездную систему с огромным городом, где Солнечная система всего лишь «дом», а Земля — «комната» в этом доме. И этот «город» затерян где-то в беспредельной темной «стране», путешествуя по которой достаточно долго, можно встретить и другие «звездные города».

Открытие удаленных звездных систем, число которых в каталогах неуклонно росло, естественно, весьма оживило исследование нашей звездной системы — Млечно-

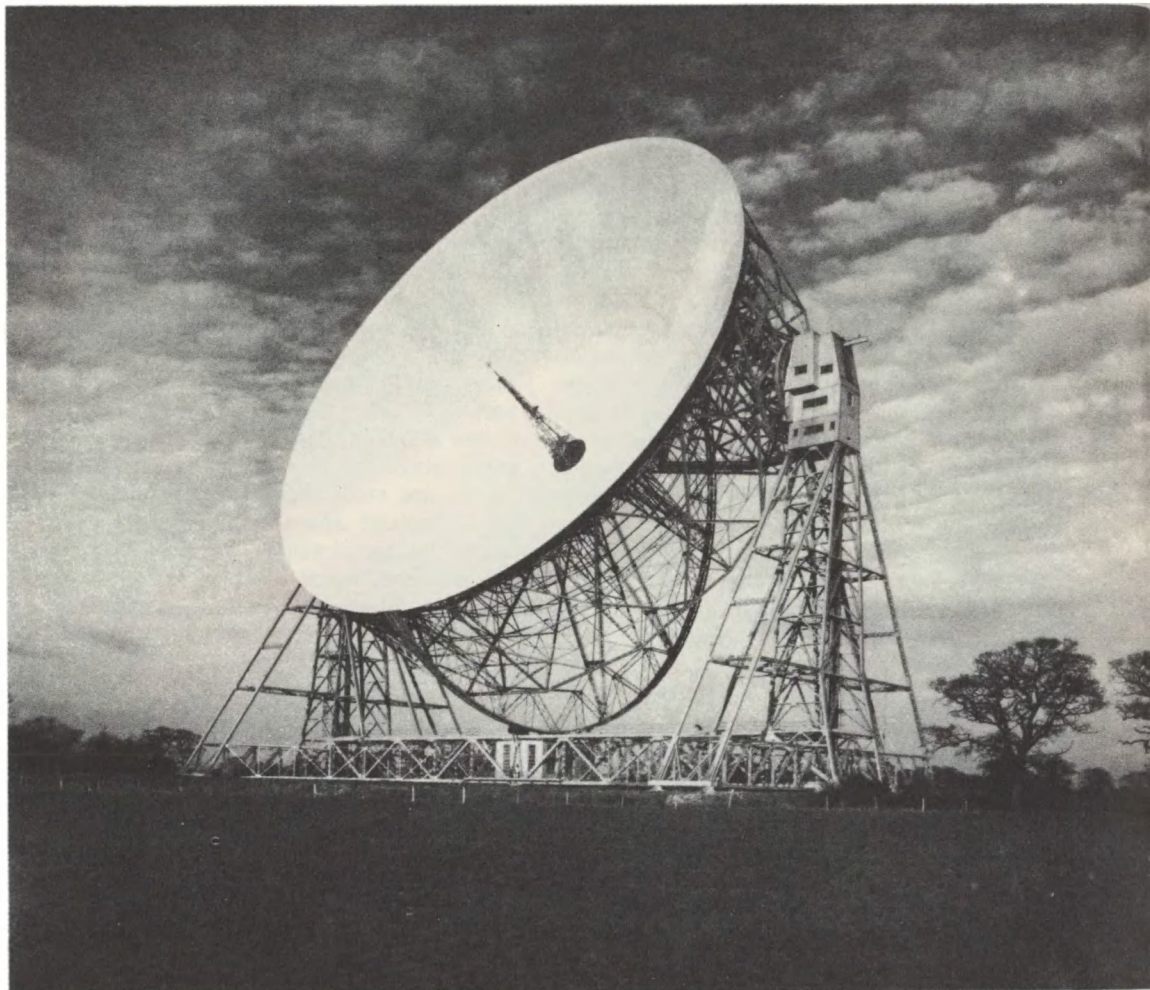
го Пути. Наблюдая далекие «звездные города», ученые могли делать и кое-какие научно обоснованные предположения о внешнем строении нашего собственного «звездного города». И наоборот, изучая природу этого образования, можно по аналогии судить о других, ему подобных, точно так же, как, познавая Солнце, мы делаем различные выводы о природе далеких солнц, которые кажутся нам лишь крошечными светящимися точечками.

Прежде всего Хаббл приступил к определению поверхностной яркости звезд внешних галактик и нашел, что в этом отношении туманности близкой конфигурации очень мало отличаются друг от друга. Отсюда, естественно, следовало, что, по-видимому, все это — весьма похожие образования. Самыми яркими и поэтому наиболее легко опознаваемыми объектами далеких туманностей были в основном старые знакомые: цефеиды, звезды-гиганты и шаровые звездные скопления, подобные обнаруженным в нашей звездной системе. Было замечено, что около 80% туманностей имеют спиралевидную форму. Уже исходя из этого, следовало предположить, что

Изображение туманности Андромеды, сделанное Трувелло.







76-метровый радиотелескоп обсерватории Джо-дрелл Бэнк (Англия).

и наша звездная система скорее всего относится к подобному типу галактик. Со временем астрономы смогли решить этот вопрос вполне однозначно. Они сравнили некоторые специфические свойства нашей и других звездных систем, в частности, такие, как наличие и частота распределения в них определенных объектов, а также размеры, сжатие и общая масса туманностей. Оказалось, что из всех видов звездных систем лишь спиралевидные галактики по своим основным свойствам близки нашей звездной системе. Так, в 50-е годы нашего столетия, наконец, удалось существенно уточнить представление о структуре нашей звездной системы. Астрономия стояла на пороге нового качественного скачка — наз-

ревал решительный переворот в самом методе измерений. На сцену выходила радиоастрономия.

## Видеть невидимое

Великий английский физик Джеймс Клерк Максвелл (1831 – 1879) еще в 60-е годы XIX в. теоретически доказал, что, помимо видимого светового излучения, должно существовать электромагнитное излучение иного вида, которое характеризуется большими длинами волн и распространяется в вакууме с той же скоростью, что и свет. Спустя примерно 20 лет Генрих Герц (1857 – 1894) экспериментально обнаружил это так называемое радиоволновое излучение. В дальнейшем Герц, Попов, Маркони и другие пионеры радиотехники создали



новое средство связи — «беспроволочный телеграф», вызвавшее поначалу немалое удивление. Так родилась радиотехника, которой суждено было сыграть огромную роль и в астрономических исследованиях.

В 1890 г. гениальный изобретатель Томас Алва Эдисон (1847–1931) предпринял первую попытку принять радиоволны из космоса, а точнее, излучаемые Солнцем. Попытка оказалась неудачной. Реализовать подобную возможность удалось лишь много лет спустя. В 30-х годах нашего столетия молодой инженер, работавший в лаборатории американской телефонной компании «Белл», получил задание исследовать природу шумов, создающих помехи трансатлантической радиосвязи. Для изучения атмосферных помех была сконструирована специальная антенна. И вот среди треска далеких грозовых разрядов Карл Янский (1905–1950) — так звали этого инженера — услышал некое «шипение», интенсивность которого изменялась в течение суток. Вскоре он установил, что этот шум достигает максимума, когда антенну направляют в небо. Через несколько месяцев Янский обнаружил, что наиболее интенсивный источник радиоизлучения находится в направлении созвездия Стрельца. Так он открыл космическое радиоизлучение; это был первый шаг к развитию новой области астрономических исследований — так называемой радиоастрономии.

В период 1940–1944 гг. изучением возможностей нового метода весьма плодотворно занимался Гроунт Ребер, работы которого в какой-то мере заложили основу современной радиоастрономии.

Сегодня наряду с традиционными оптическими телескопами астрономы активно используют инструменты нового типа — огромные металлические зеркала параболической формы или проволочные конструкции.

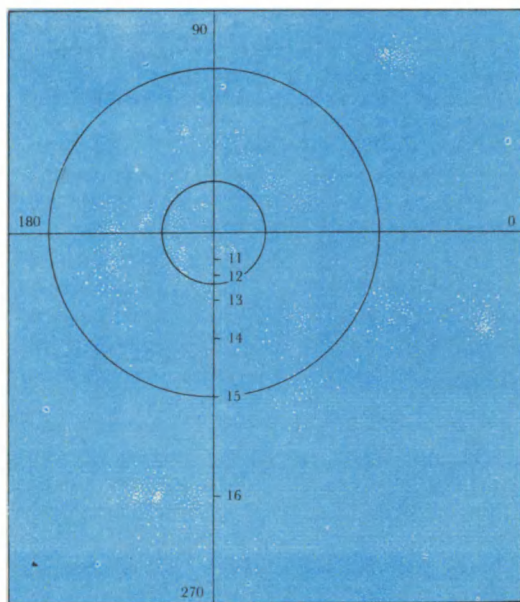
Вследствие очень низкой интенсивности космического радиоизлучения и необходимости обеспечить высокую разрешающую способность эти конструкции должны иметь колоссальные размеры. Площадь сферической поверхности одного из самых больших радиотелескопов в мире, установленного на Аресибо (Пуэрто-Рико), достигает примерно 73 тыс. м<sup>2</sup>. Однако даже очень мощный космический радиоисточ-

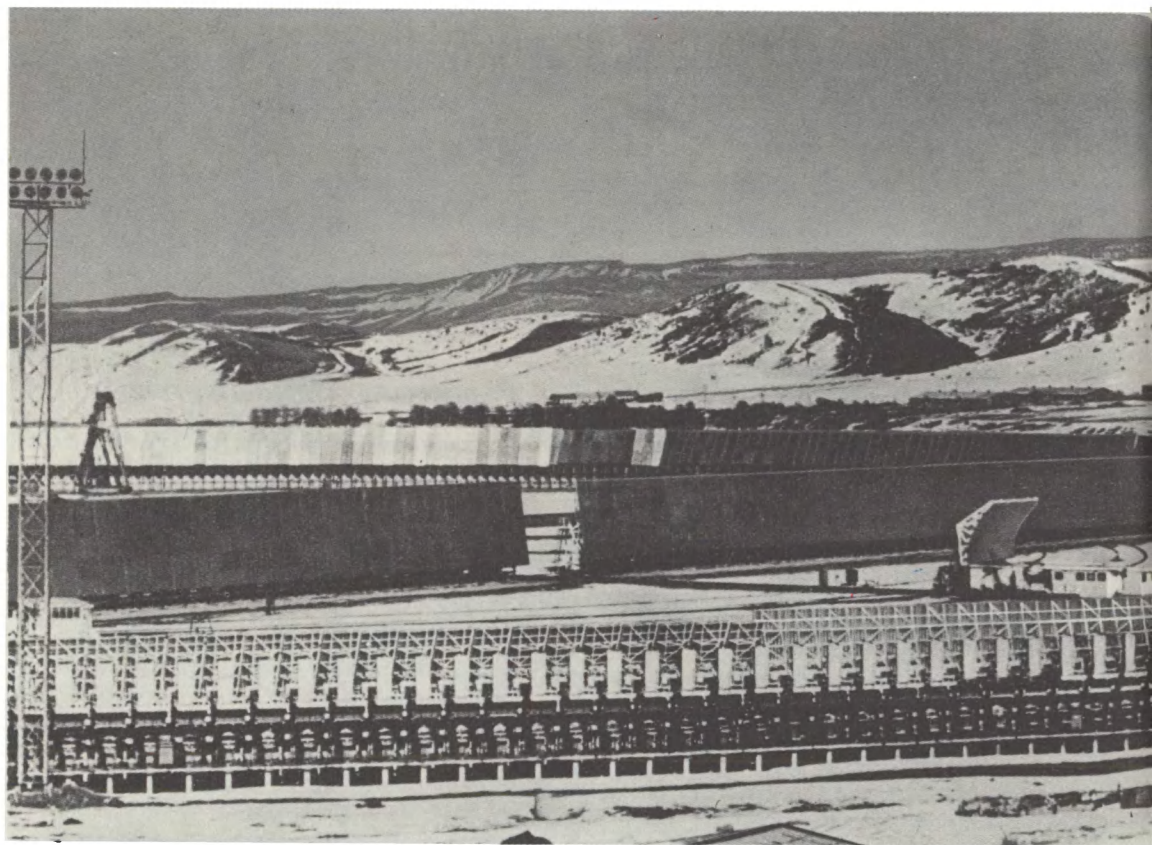
ник, попадая в «поле зрения» такой антенны, создает на ее входе сигнал, мощность которого не превышает  $10^{-14}$  Вт. Самые крупные радиотелескопы за два десятилетия работы собирают всего лишь такое количество энергии, каким обладает снежинка, падающая на землю. Но как много информации извлекли ученые из этих «крох» энергии! Радиоастрономия внесла также огромный вклад в исследование Млечного Пути.

## Радиоизлучение водорода

Голландский астроном Ян Хендрик Оорт (род. в 1900 г.), в основном специализировавшийся в области звездной статистики, исследовании строения Млечного Пути и динамики звезд, узнав после второй мировой войны о работах Ребера, загорелся интересной идеей. Он предположил, что исследование космического радиоизлучения, по-видимому, оказалось бы более эффективным, если бы в его широком спектре удалось уверенно опознать хотя бы одну какую-то линию, подобно тому как со времен Фраунгофера это делалось в спектрах видимого света. Это — по аналогии с оптической астрономией, — вероят-

Распределение звезд спектрального класса В в окрестностях Солнца. Отчетливо видна спиральная структура.





Вблизи станции Зеленчукская на Северном Кавказе (СССР) недалеко от 6-метрового зеркального телескопа сооружен самый большой в мире радиотелескоп РАТАН-600, который принимает космическое радиоизлучение в диапазоне 8–300 мм. Диаметр радиотелескопа составляет 600 м; по его окружности (протяженностью около 2 км) расположились 895 прямоугольных алюминиевых зеркал, которые могут вращаться вокруг вертикальной и горизонтальной осей и передвигаться вперед и назад.

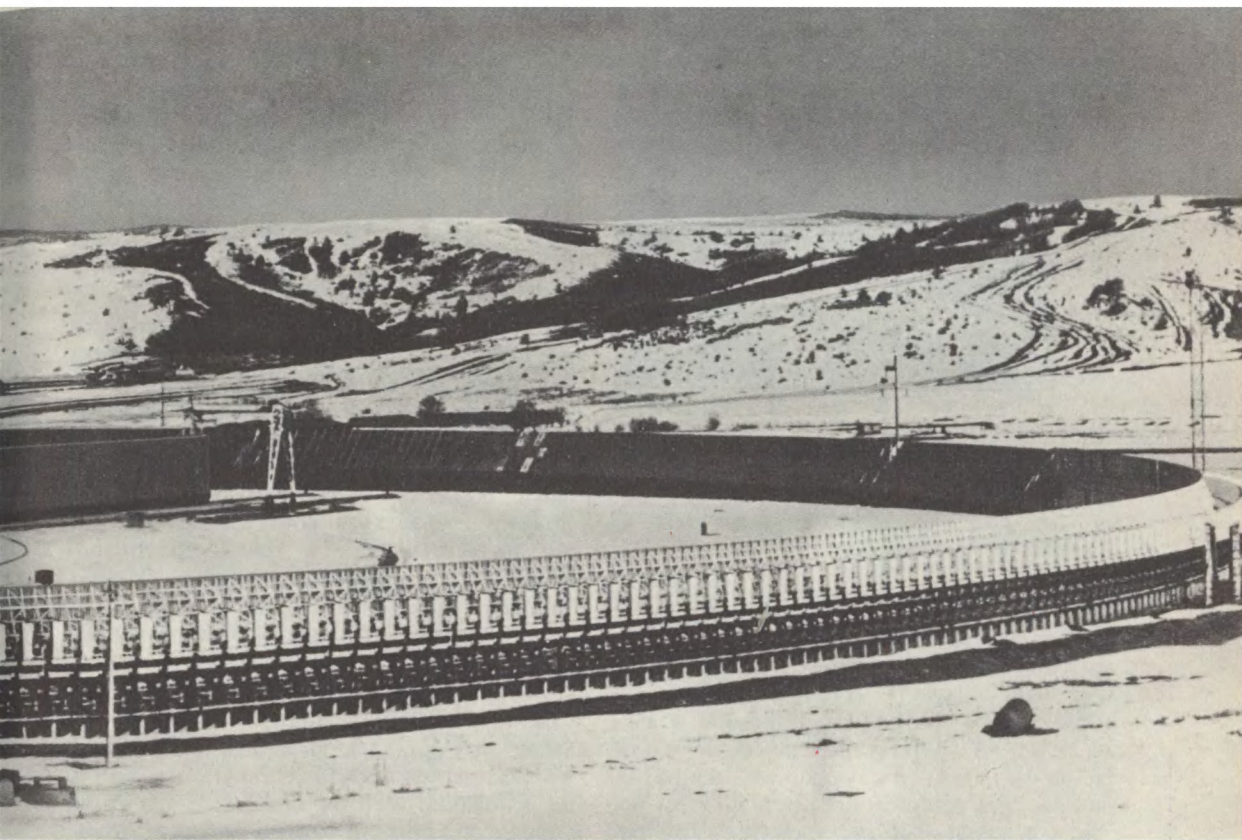
но, позволило бы судить о физической и химической природе источников радиоизлучения.

По длине волны, соответствующей такой линии, мы могли бы узнать, какие атомы создают данное излучение. Интенсивность же излучения дала бы информацию о количестве излучающих атомов, а по расширению и смещению линий, вероятно, можно было бы судить о движении излучающего или поглощающего вещества. Эта заманчивая идея не давала Оорту покоя; ее реализация сулила получение из космоса богатейшей информации. Оорт предложил своему ученику и коллеге голландскому физику ван де Хюлсту (род. в 1918 г.) по-

пытаться на основе теории атома предсказать, какую линию в радиоспектре легче всего идентифицировать. Хюлст — одновременно с советским астрофизиком И. С. Шкловским (род. в 1916 г.) — пришел к выводу, что водород, наиболее распространенный элемент в межзвездном пространстве, должен излучать на волне 21 см. В 1951 г. трем группам исследователей, работавшим в США, Голландии и Австралии, независимо друг от друга действительно удалось обнаружить линию излучения нейтрального водорода. Это было одно из самых замечательных открытий в астрономии нашего столетия. Поскольку излучение на волне 21 см много меньше, чем коротковолновое оптическое излучение, поглощается космической пылью, радиоастрономия позволяет заглянуть значительно дальше в глубь Вселенной.

Специалисты связывали с этим большие надежды. Как показали исследования, спиральные рукава галактик преимущественно состоят из звезд О- и В-классов и ионизированного водорода. Таким образом, радиоастрономия давала возможность про-





известии всеобъемлющий спектральный анализ нашей собственной звездной системы. Для этого было необходимо исследовать радиоизлучение на волне 21 см во всей наблюдаемой ее части. Однако подобный способ лишь тогда откроет нам что-то в структуре звездной системы, когда мы сможем определить расстояние до тех областей, где зарегистрирован водород. К сожалению, тогда ученые не располагали методами, которые позволяли бы это сделать.

## Космическое огненное колесо

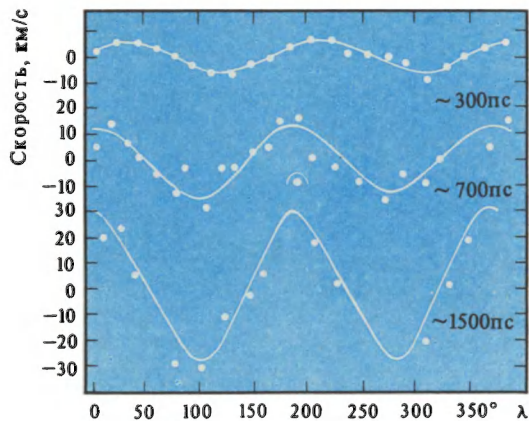
Еще до того как удалось осознать, что за пределами нашей Галактики лежат иные звездные системы, Весто Мелвин Слайфер (1875–1969) из Ловелловской обсерватории в Аризоне пытался хоть что-либо узнать о движении туманностей, исследуя их спектры. Примерно в 1914 г. Слайфер обнаружил, что внешние и внутренние области различных туманностей вращаются с разными скоростями.

С появлением более чувствительной аппаратуры эти чисто качественные оценки удалось существенно уточнить. Было, в частности, установлено, что две спиральные туманности в созвездиях Андромеды и Треугольника вращаются с периодом 130–200 млн. лет.

Отражатель, перемещающийся по диагонали.







Доплеровское смещение, обусловленное движениями (вдоль луча зрения) групп звезд, удаленных на различные расстояния. По оси абсцисс отложена длина волны звездного света; по оси ординат — лучевые скорости.

Одновременно были обнаружены интересные факты, свидетельствующие об аналогичном поведении нашей звездной системы. Эти поначалу скудные данные, которые вскоре привели к совершенно новым взглядам на природу Вселенной, безусловно, не были чем-то случайным — напротив, они явились естественным результатом более чем столетней исследовательской работы многих поколений астрономов. Изучение собственного движения «неподвижных» звезд было начато еще Тобиасом Майером и Вильямом Гершелем. Как стало известно благодаря трудам Эдмунда Галлея, название «неподвижная звезда» (т.е. закрепленная в пространстве) было абсолютно неверным. Длительные наблюдения показали, что большинство из них обладает собственным движением, которое, правда (из-за большой удаленности этих звезд), трудно заметить земному наблюдателю.

Но если все «неподвижные» звезды имеют собственное движение, то, следовательно, и наше Солнце — ведь оно не представляет собой исключения — также должно перемещаться в пространстве. Примерно в 1783 г. Гершель задался вопросом, нельзя ли обнаружить влияние этого движения на окружающие звезды и отсюда получить данные о движении Солнца.

Поясним это на простом и наглядном примере из нашей обыденной «земной» жизни. Предположим, вы едете по лесу и наблюдаете «проносящиеся» мимо де-

ревья: вам кажется, что деревья, находящиеся впереди, «надвигаются» на вас с той же скоростью, с какой вы перемещаетесь, и наоборот, деревья, оставшиеся позади, «уходят» от вас с той же скоростью. Однако в рассмотренном случае речь идет только об относительном движении деревьев, так как они не обладают собственным движением вдоль направления вашего движения. Деревья, стоящие в стороне от дороги, кажутся вам перемещающимися значительно меньше, особенно если они находятся достаточно далеко. Напротив, если объект сам движется в направлении, перпендикулярном вашему движению, то его радиальная скорость будет равна нулю.

Теперь обратимся к небу с его движущимися звездами. У земного наблюдателя должно создаваться впечатление, что все звезды «стекаются» к точке, противоположной той, к которой движется Солнце. В астрономии точка небесной сферы, к которой движется Солнце, называется апексом, а противоположная ей — антиапексом.

Хотя Гершель проанализировал собственные движения лишь 13 звезд, тем не менее ему удалось выделить некую преимущественную составляющую движения, на основании чего он заключил, что наше Солнце движется в «звездном лесу» в направлении созвездия Геркулеса.

Позднее астрономы, располагая более обширными каталогами звезд, смогли значительно уточнить положение апекса. В конце XIX в. благодаря спектроскопии удалось измерить также и радиальные скорости.

В результате таких исследований шведский астроном В. Гюлленбург сделал в 1915 г. чрезвычайно интересное открытие, а именно нашел зависимость наблюдаемого значения радиальных скоростей звезд в плоскости Млечного Пути от расстояния до них. В 20-е годы потсдамские астрономы Эрвен Фрейндлих и Эммануэль ван Пален изучили это явление более детально. Они обнаружили, что если соотнести радиальные скорости с галактическими расстояниями, то названная зависимость выражается синусоидой. Качественное исследование этой зависимости впервые привело к изучению кинематики той части неба, распределение звезд в которой давно и хорошо было известно. В качестве исходной точки для отсчета галактических расстояний была взята область в созвездии

Стрельца, где находится центр Млечного Пути.

Оорт предполагал, что эффект зависимости скоростей звезд от их расстояния обусловлен вращением нашей звездной системы. Изучив собственные движения 800 звезд, расположенных вблизи Млечного Пути, он полностью убедился в правильности своего предположения. Теперь стало очевидным, что система Млечного Пути вращается в пространстве как огромное звездное колесо.

Из какого же множества звезд состоит этот огромный звездный остров? Примем, что Солнце участвует в общем вращении звездной системы вокруг оси, перпендикулярной плоскости Млечного Пути и описывающей при этом — в первом приближении — круговую орбиту. Тогда в принципе можно вычислить массу всей системы, если допустить, что большая часть этой массы сосредоточена внутри круговой орбиты Солнца. Полученный результат составил  $2,8 \cdot 10^{44}$  г, что соответствует примерно  $1,4 \cdot 10^{11}$  солнечных масс. К подобным результатам привели и измерения масс далеких галактик. При условии, что движение некоторой звезды определяется полной массой, заключенной внутри ее орбиты, в 30-е годы удалось найти полные массы туманностей Андромеды и Треугольника, которые соответственно оказались равными  $7,0 \cdot 10^{11}$  и  $1,0 \cdot 10^{10}$  масс Солнца.

Независимо от этого в 1940 г. изучалось также движение галактических скоплений, которые вращались вокруг общего центра тяжести. Исходя из предположения, что внешние члены скоплений вращаются вокруг центра по круговым орбитам, была рассчитана масса этих скоплений; она оказалась равной  $10^{14}$  солнечных масс. Поскольку такое галактическое скопление включало примерно 500 членов, поделив эту массу на 500, можно было оценить среднюю массу галактики: она составляла порядка  $2 \cdot 10^{11}$  солнечных масс, что хорошо согласовалось с названными выше результатами.

Как у Млечного Пути, так и у других звездных систем была обнаружена одна интересная особенность: не вся галактика находится в дифференциальном вращении, а только ее внешняя область. Угловая скорость вращения центральной области является величиной постоянной; поэтому

чем дальше части этой области находятся от центра, тем с большей скоростью они вращаются. В построении модели вращения галактик огромную роль сыграло точное изучение особенностей вращения нашей собственной звездной системы — Млечного Пути.

## Водородные спирали

Если достаточно точно представлять процесс вращения звездной системы и допустить, что нейтральный водород межзвездной среды также участвует во вращении этой системы относительно центра масс, то в таком случае для каждой точки галактики можно вычислить радиальную скорость относительно наблюдателя.

Далее, если на основании доплеровского смещения линии нейтрального водорода на 21 см определить скорости облаков межзвездного газа, то мы получим картину пространственного распределения нейтрального водорода в звездной системе.

Впервые к осуществлению такой грандиозной программы исследований приступила в 50-е годы группа голландских астрономов, которая занялась изучением наблюдаемой с территории Голландии части Млечного Пути. Полученные результаты, представленные в виде кривых равной плотности водорода, однозначно указывали, что его распределение образует огромную спиралевидную структуру; были заметны три ее спиральных рукава, которые получили названия по ближайшим к ним созвездиям: рукав Ориона, рукав Персея и рукав Стрельца.

Всего — с использованием как радиоастрономических, так и оптических наблюдений — удалось исследовать пространственное распределение нейтрального водорода в радиусе примерно до 18 тыс. пс от Солнца.

Каково же положение нашего Солнца в этой гигантской спиральной системе? Такой вопрос встал перед астрономами с особой остротой, потому что требовалось решить, насколько идентичны водородные структуры спиральным структурам в звездных скоплениях. Пока это оставалось неясным. Правда, в некоторых областях, как показали радиоастрономические и оптические наблюдения, названные структуры совпадали: но подобных совпа-

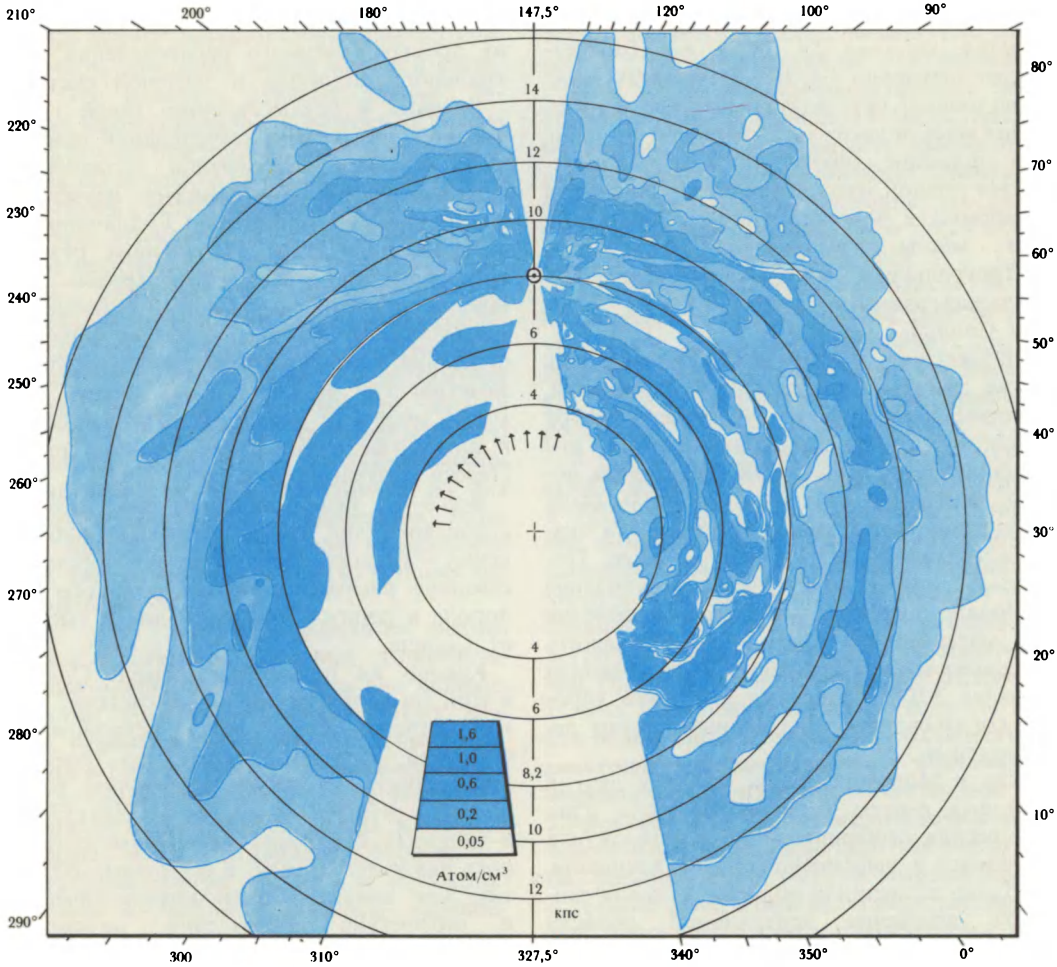
дений было явно недостаточно, чтобы делать сколько-нибудь определенные выводы.

Если сопоставить все довольно многочисленные данные, на основании которых строятся наши представления о распределении водорода в межзвездном пространстве, то выясняется, что пока мы еще очень далеки от окончательного понимания структуры звездной системы, хотя прогресс в этом направлении не вызывает сомнений. Необходимо также учитывать, что наша звездная система, какой мы ее сегодня наблюдаем, не является раз навсегда заданной и неизменной структурой. Она, как и все космические объекты, находится

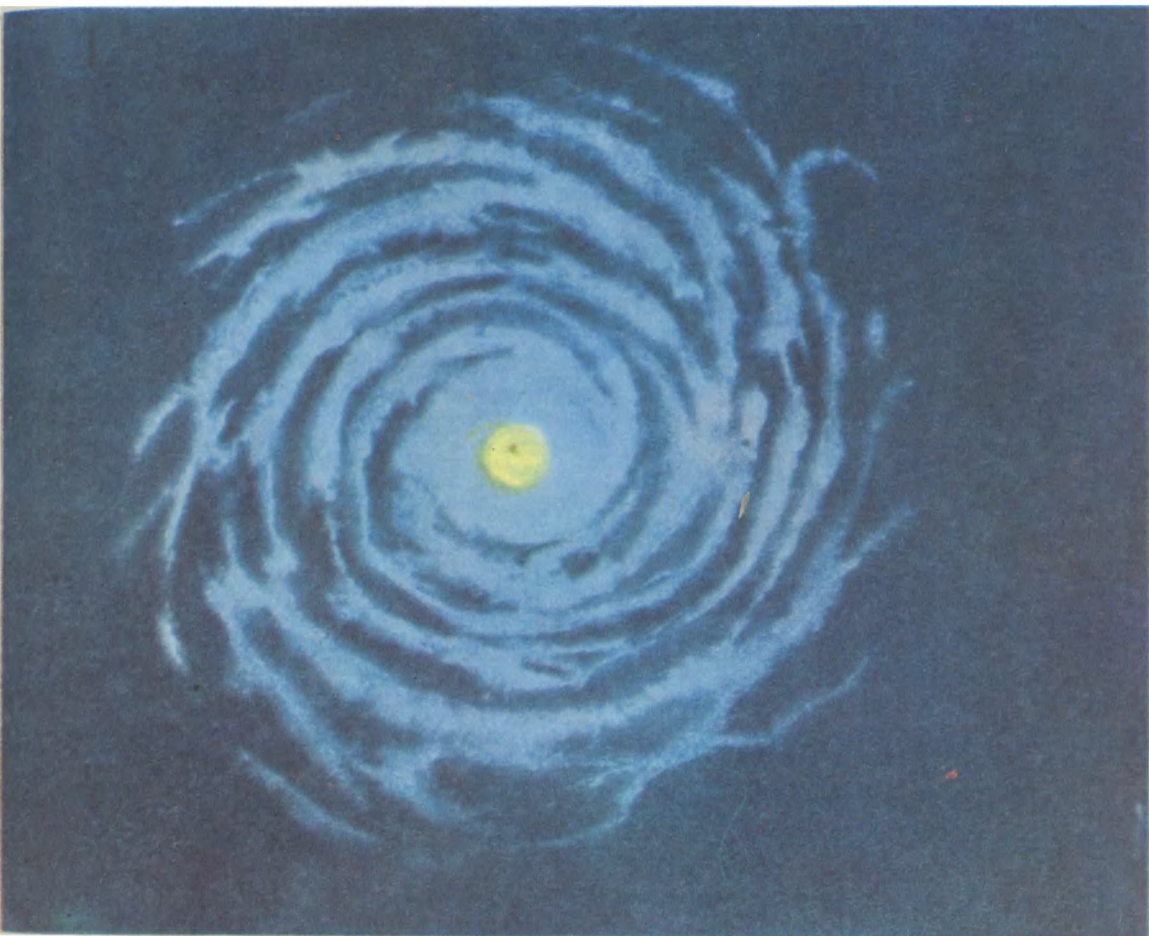
в непрерывном развитии. Результаты же наших исследований звездной системы — это всего лишь, в известной степени, ее моментальные снимки на разных этапах жизни. Особенно важно сознавать это, когда мы пытаемся объяснить такие крупномасштабные явления, как спиральные структуры, а также распределение и движение различных объектов внутри звездных структур.

Таким образом, решение вопросов о структуре и динамике нашей звездной системы неотделимо от понимания космогонии звездных систем в целом. Без изучения других галактик невозможно делать никаких достаточно достоверных предположений о нашей собственной звездной системе. Неоценимую помощь в этих исследованиях оказывают большие оптические и радиотелескопы. Десятилетиями тщательно изучая полученную таким образом

Распределение плотности нейтрального водорода (атом/см<sup>3</sup>) в плоскости Млечного Пути (по наблюдениям излучения на волне 21 см).







Так должна выглядеть система Млечный Путь, если смотреть на нее из другой галактики.

информацию и в конце концов исчерпав все скрытые в ней данные, астрономы вынуждены были обратиться к другим средствам.

## Сто миллионов звездных систем

Несколько десятилетий назад было опубликовано сообщение, весьма озадачившее специалистов: используя самый мощный на Земле телескоп, удалось обнаружить около 2 млн. различных звездных систем. Сегодня благодаря необычайному развитию инструментальной техники и фотографии, мы можем говорить уже о нескольких сотнях миллионов звездных систем, ко-

торые доступны изучению современными средствами наблюдений. Разумеется, излишне и даже неразумно исследовать каждый из этих объектов в отдельности. Но, во всяком случае, успокаивает то, что теперь мы располагаем достаточным количеством космических «экземпляров», чтобы, ведя систематические исследования, выявить, наконец, какие-то закономерности их развития и «поведения».

Первые многообещающие результаты Хаббл — основатель современной внегалактической астрономии — получил уже через несколько лет после вступления в строй 2,5-метрового телескопа на обсерватории Маунт-Вилсон. Хаббл приступил к классификации звездных систем по их внешнему виду, подобно тому, как сто лет назад это сделал Гершель. Разработанная Хабблом система классификации в основных своих чертах используется и поныне. Хаббл строго разделил «правильные» звездные систе-

мы от беспорядочных (неправильных). Под «правильными» системами он понимал все галактики, имеющие структуры, которые симметрично вращаются вокруг центрального ядра. Эти «правильные» системы Хаббл в свою очередь подразделял на две подгруппы: эллиптические и спиралевидные. Расширение линий в спектрах эллиптических галактик указывает на то, что звезды в них движутся во всех направлениях. Это и объясняет их сфероидальную форму; Хаббл обозначил такие галактики символом Е. Далее, Хаббл применил более тонкую классификацию эллиптических туманностей, учитывающую степень их видимого сжатия. Среди спиральных туманностей он выделил «нормальные» (S) и спирали с перемычкой (B).

У «нормальных» спиральных галактик спирали «выходят» из двух противоположных участков ядра. У спиралей с перемычкой имеет место аналогичная картина, однако их ядро как бы пересекается яркой перемычкой, простирающейся далеко за пределы ядра. «Неправильные» системы имеют совершенно иное строение — они характеризуются несимметричной формой, и центральное ядро у них отсутствует.

Подобно тому как Гершель, исходя из многообразия форм наблюдаемых им туманностей, делал выводы о процессах развития этих объектов, а при сравнительно недавнем спектральном изучении звезд исследователи подразделяли их на «ранние» и «поздние» спектральные классы, так и Хаббл подошел к разработке своей эмпирической классификации туманностей. Созданная им классификация туманностей различных типов относилась эллиптические системы к «ранним», а спиральные — к «поздним» образованиям, в чем нашла свое отражение теория эволюции этих структур, предложенная Джинсом.

Лишь очень немногие звездные системы удалось разрешить на отдельные звезды и таким образом изучить более детально. Чаще же всего астрономам приходится довольствоваться интегральными свойствами туманностей и на их основе пытаться установить какие-то детали. Поэтому для исследования «звездных островов» Вселенной весьма плодотворной оказалась идея их классификации по морфологическим признакам: астрономы надеялись, что во внешнем виде структур как это уже неоднократно случалось в астрономии и пре-

жде — как-то проявятся и их физические свойства.

Прежде всего представлялось целесообразным изучить «частоту» распределения во Вселенной отдельных типов туманностей. Однако такое предприятие оказалось гораздо более трудным, чем можно было ожидать. Чем дальше «вглядывались» телескопы в глубины Вселенной, тем больше объектов попадало в поле их зрения, но вместе с тем их яркости и размеры были все меньше, так что определить особенности их формы становилось все труднее. Хаббл для своей статистики форм решил ограничиться лишь 600 самыми яркими туманностями. И это дало вполне надежный результат: он почти точно соответствует установленным на сегодня типам звездных систем. Примечательно, что во Вселенной обнаружилось гораздо больше «нормальных» спиральных систем.

В качестве других характеристик внегалактических туманностей, как и отдельных звезд, были приняты их массы, спектральные классы и светимости. Но, чтобы получить все эти данные, требовались сложнейшие и длительные исследования неба при помощи чрезвычайно мощных телескопов. И здесь возможности астрономии были явно ограничены.

## Разбегание «огненных колес»

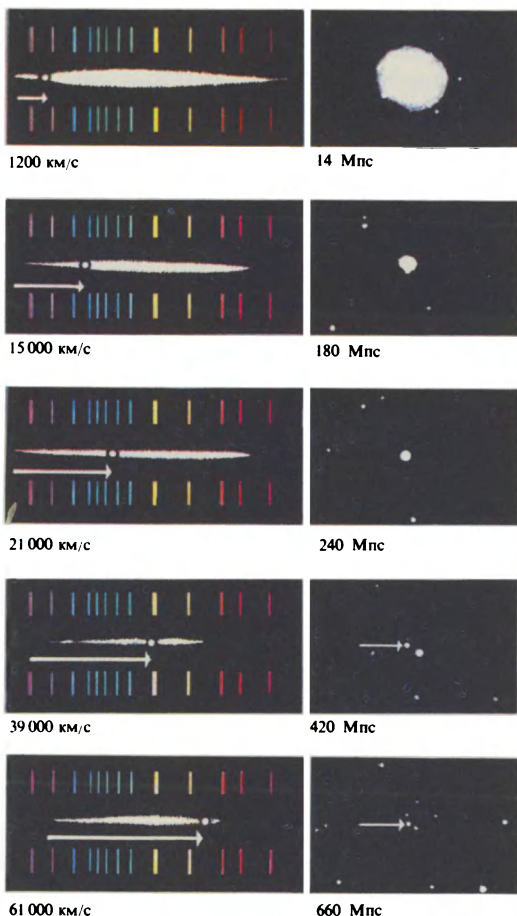
С самого начала для исследования загадочных туманностей стали широко использовать спектрокопы. Как вполне обоснованно полагали астрофизики, спектры этих структур должны были, по крайней мере в принципе, показать их природу. Но вместе с тем весьма интересным представлялось также изучение динамики туманностей. Еще задолго до того, как была выяснена истинная природа этих объектов, предпринимались попытки измерить доплеровские смещения линий в их спектрах. Так, Слайфер начал эти измерения еще в 1910 г. и за последующие 15 лет определил лучевые скорости более 50 туманностей. Затем, когда уже стало известно о внегалактической природе туманностей, удалось убедительно установить, что они обладают относительно высокими лучевыми скоростями, достигающими 100 км/с.

Первоначально ученые лишь догадывались о существовании некой связи между

лучевыми скоростями туманностей и расстояниями до них; точные значения этих величин были известны лишь для очень немногих объектов, и поэтому подобные догадки не находили надежного подтверждения. Однако со временем ситуация изменилась. Решающую роль здесь сыграло 25-метровое зеркало Хукера. Этот инструмент способствовал более глубокому проникновению во Вселенную и тем самым обеспечил возможность изучать удаленные галактики. По спектральным линиям на длине волны порядка 2,5 мм, полученным для объектов 18-й звездной величины при продолжительности экспозиции до 100 ч, можно было судить об отдельных свойствах объектов, находящихся на больших расстояниях, и установить достаточно точные значения их лучевых скоростей. Необычным выглядело то, что лучевые скорости всех объектов в среднем оказались направленными в одну сторону: галактики удалялись от нас.

Увеличение точности в определении расстояний открыло возможность более надежно исследовать зависимость между скоростями и расстояниями, которая теперь уже рассматривалась как вполне вероятная. Результат оказался поистине сенсационным: Хьюмason установил, что лучевые скорости галактик пропорциональны расстояниям до них. Это означало, что все галактики в среднем удаляются от нас, причем с тем большими скоростями, чем дальше они находятся. Скорость этого так называемого «разбегания» галактик возрастает на 558 км/с на каждый миллион парсек. Эти первые оценки, сделанные Хабблом и Хьюмасоном в 1929 г., были еще весьма неточны. Согласно современным данным, «постоянная разбегания», или, как ее называют, «постоянная Хаббла», составляет 60 км/с на 1 Мпс.

Итак, галактики непрерывно удаляются друг от друга. Однако это явление разбегания галактик отнюдь не означает, что наша звездная система находится в центре мира. Более того, наблюдатель, находящийся в любой другой звездной системе, точно так же может обнаружить, что галактики разбегаются. Проиллюстрировать этот, казалось бы, столь непонятный эффект можно на таком примере: допустим, «галактики» в виде точек расположены на поверхности огромного мыльного пузыря, который все время раздувается и поэтому



Зависимость скорости убегания галактик от расстояния до них. Слева представлены их спектры в сравнении с эталонными спектрами. Стрелками показана величина красного смещения спектральной линии, которая характеризует скорость убегания.

диаметр его увеличивается. Вследствие этого все точки поверхности пузыря непрерывно удаляются друг от друга, и в какой бы из них ни находился наблюдатель, он всегда будет ощущать себя в центре этого «разбегания».

За сравнительно короткий период — с момента начала в 1923 г. исследований внегалактических объектов и до середины 50-х годов — астрономам удалось собрать огромное количество фактов, которые могли быть правильно осмыслены лишь в тесном контакте с представителями других наук. Основным интерес вызывали следующие вопросы: что такое вообще галактики, каковы их свойства, каким образом они



становятся теми самыми объектами, которые мы наблюдаем сегодня? Процесс «разбегаания галактик» заставил ученых задуматься над фундаментальной проблемой: а что же представляет собой Вселенная в целом? При этом оказалось, что эти вопросы невозможно решать отдельно друг от друга. Так, развитие звезд тесно связано с их положением как «членов» звездных систем, которые в свою очередь можно рассматривать в качестве элементарных «блоков», из которых строится Вселенная.

## Сенсационное открытие

После того как существование космического радиоизлучения было принято как общепризнанный факт, в 1946 г. в созвездии Лебедя удалось обнаружить первый дискретный радиоисточник, получивший название «Лебедь А». Спустя 6 лет астрономы смогли идентифицировать этот источник с одной оптически наблюдаемой галактикой — так была открыта первая радиогалактика. В настоящее время в каталогах насчитывается несколько тысяч подобных объектов.

Без сомнения, в радиодиапазоне излучают все галактики, но количество энергии, приходящее на долю этой области электромагнитного спектра, как правило, мало по сравнению с энергией их оптического излучения. Другое дело — радиогалактики. Их радиоизлучение по интенсивности может в сотни раз превосходить излучение в видимом диапазоне.

Как следовало из анализа спектра радиоизлучения, последнее, по-видимому, имеет уже не тепловой характер; причиной его возникновения в галактиках являются особые процессы. В основном предполагается, что оно обусловлено так называемым синхротронным эффектом — торможением очень быстрых электронов в слабых магнитных полях.

Астрофизиков, в частности, заинтересовал вопрос, какого же типа галактики служат источниками радиоизлучения. Исследования показали, что главным образом это эллиптические системы.

Как свидетельствовали точные измерения, некоторые радиогалактики излучают столь грандиозные количества энергии, что их энергетические запасы должны очень

быстро истощаться. Отсюда, очевидно, следовало, что продолжительность жизни радиогалактик весьма мала — порядка 10 млн. лет. Правда, этот факт можно толковать и по-иному. Среди обычных звездных систем радиогалактики составляют примерно только сотую долю процента. Но при этом вполне очевидной представлялась другая альтернатива: радиогалактики — это не короткоживущие особые звездные системы, а лишь некая непродолжительная фаза существования нормальных звездных систем.

Какими же особенностями должен был бы характеризоваться этот этап в жизни звездных систем и как следовало бы представлять вероятный переход галактики в стадию «нормального» существования? К сожалению, ответить на эти — столь взаимосвязанные — вопросы очень трудно. Прежде всего оказалось, что в ядрах радиогалактик протекают особые чрезвычайно активные процессы. Например, было обнаружено, что у целого ряда подобных объектов из центральной, очевидно, сильно уплотненной области происходят мощные выбросы материи. Так, из плотного ядра галактики М 82 гигантский сгусток материи вырвался со скоростью порядка 1000 км/с.

Галактики с активными ядрами подразделяются на несколько типов (в зависимости от их особых свойств): сейфертовские галактики, *N*-галактики и маркарянские галактики. Сейфертовские галактики характеризуются огромными выбросами материи из ядер и излучают главным образом в видимом диапазоне; только в исключительных случаях у них наблюдается и радиоизлучение. Маркарянские галактики (они названы по имени открывшего их советского астронома Б. Е. Маркаряна из Бюраканской астрофизической обсерватории), напротив, излучают преимущественно в УФ-области спектра (голубые галактики). *N*-галактики (от англ. *nuclear* — ядро) обладают четко выраженным ядром, а их внешняя часть выглядит лишь как окаймляющая его оболочка. Среди них и обнаруживаются наиболее мощные источники радиоизлучения.

В третий Кембриджский каталог радиоисточников в числе прочих включен очень сильный источник радиоизлучения с чрезвычайно малым угловым диаметром. В 60-е годы, когда вошел в строй первый большой радиоинтерферометр (система,

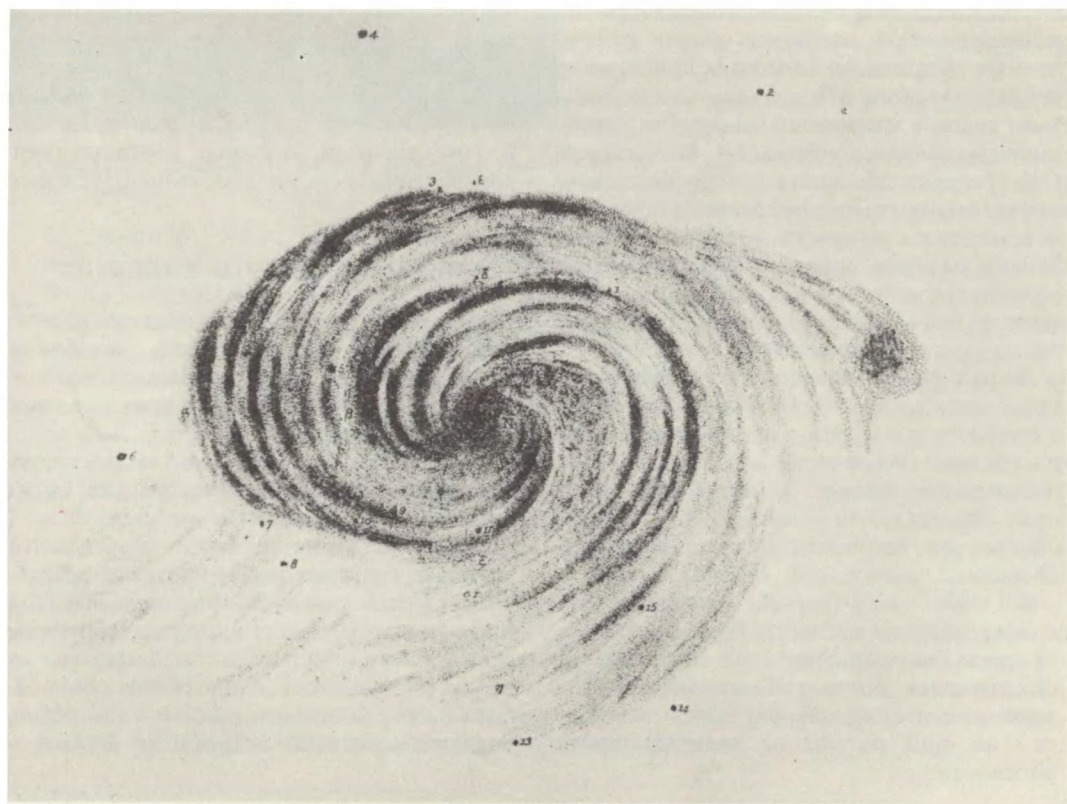
состоящая из нескольких радиотелескопов, разделенных пространственно, но связанных между собой электрически), удалось достаточно точно определить положение нескольких таких источников и идентифицировать их с известными оптическими объектами. Вблизи трех радиообъектов 3 О 48, 3 С 196 и 3 С 286 были обнаружены слабосветящиеся точечные оптические объекты, характеризующиеся слабыми, но весьма широкими эмиссионными линиями. Поскольку оптические изображения этих структур (в радиодиапазоне необычно интенсивных)—а их за короткое время было открыто очень много—не отличаются от нормальных звезд, их называли квазарами (квазизвездными радиоисточниками).

Важнейшей отличительной особенностью этих удивительных объектов является чрезвычайно большое красное смещение их спектральных линий. Долгое время оставалось загадкой, к каким химическим элементам можно отнести линии в их спектрах. Наконец, было установлено,

Рисунок спиральной туманности М 41, выполненный лордом Россом.

что это типичная серия Бальмера в спектре водорода, смещенная не менее чем на 80 нм (нанометров,  $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ) по сравнению с положением этих линий в спектрах, полученных лабораторным путем!

Наличие столь огромных красных смещений поставило перед астрофизиками новый принципиальный вопрос: чем могут быть вызваны подобные смещения? Теоретически можно предположить несколько возможностей. Во-первых, смещение линий могло быть обусловлено гравитационным красным смещением—в таком случае эти объекты должны были обладать грандиозными массами. Во-вторых, это могло быть доплеровское смещение, которое должно свидетельствовать о чрезвычайно высоких лучевых скоростях объектов. При доплеровской интерпретации смещений радиальные скорости объектов должны были достигать почти скорости света; тогда некоторые астрофизики сделали вывод, что квазары, возможно, возникли вследствие взрыва в центре звездной системы, откуда они и черпают свою огромнейшую энергию. Эта гипотеза вначале представлялась



чересчур невероятной, поскольку в спектрах квазаров обнаруживались лишь «красные» смещения и полностью отсутствовали «фиолетовые».

Большая часть астрофизиков склонялась к тому, что высокие скорости квазаров обусловлены их участием в расширении Вселенной. Правда, в таком случае квазары должны были находиться на очень больших расстояниях, ибо, согласно принципу Хаббла, только тогда их скорость могла достигать столь высоких значений. Но при такой интерпретации красного смещения возникает новая проблема: поскольку загадочные объекты не удавалось разрешить при помощи оптических инструментов, то, по-видимому, они должны были неизбежно обладать относительно малыми размерами: по оценкам, порядка  $10^{17}$  см, т. е. не более 0,1 светового года, или около 0,0000001 размера звездной системы. Однако по количеству излучаемой энергии квазары, напротив, в  $10^{13}$ — $10^{14}$  раз превосходят отдельные звезды, т. е. оказываются сравнимы примерно с 100—1000 нормальными галактиками!

Таким образом, поначалу толкования явления квазаров оказались весьма разноречивыми. Тем не менее число наблюдаемых загадочных объектов продолжало неуклонно расти. До сих пор самое большое красное смещение было обнаружено американскими учеными у квазара ОН 471; если объяснять его доплеровским эффектом, то такое смещение должно соответствовать скорости убегания порядка 270 000 км/с, т. е. согласно космологическому принципу, такой квазар должен находиться от нас на расстоянии примерно 10 млрд. световых лет.

Затруднения, возникшие у астрофизиков при толковании необычных объектов, с одной стороны, резко активизировали исследования Вселенной, а с другой—как это нередко бывает в подобных ситуациях—вызвали к жизни чрезвычайно смелые, но физически недостаточно обоснованные гипотезы.

В 1967 г. на Третьей международной конференции по квазарам специалисты вынуждены были признать, что любая из обсуждавшихся тогда гипотез может быть либо принята «на веру», либо отвергнута—ни одна из них не является научно обоснованной.

К первоначальным данным добавилось множество новых, которые принесли с собой и новые проблемы. Прежде всего сюда следует отнести наблюдаемые быстрые изменения интенсивности излучения квазаров; при этом фотографическая звездная величина такого источника примерно за три года увеличивается в 10 раз, а затем в течение нескольких месяцев ослабевает почти в 5 раз. К тому же никак не удавалось идентифицировать квазары с «оптическими» звездными системами.

При исследовании красного смещения был обнаружен весьма любопытный факт. Оказалось, что сейфертовские галактики, *N*-галактики и квазары располагаются в некоторой последовательности: квазары обладают самыми большими красными смещениями, сейфертовские галактики—наименьшими, а *N*-галактики лежат где-то между ними. Космологическое толкование красного смещения в таком случае следует понимать так, что объекты с наибольшими красными смещениями не просто все дальше уходят от нас в глубины космоса, но и представляют собой некое состояние материи, характерное для Вселенной в далеком прошлом. Это открытие, как и ранее известный факт, что обычные радиогалактики принадлежат к эллиптическому типу туманностей, позволяет заключить, что вновь открытые радиообъекты, в том числе и квазары, соответствуют определенным стадиям эволюции звездных систем.

## О жизненном пути галактик

Изучение огромных звездных островов, разбросанных во Вселенной, неизбежно снова приводит нас к проблемам возникновения, становления и развития, т. е. эволюции космоса в целом.

Сейчас мы располагаем лишь очень скудными сведениями о жизненных путях галактик—и это естественно.

Одни исследователи полагают, что звездные системы формируются в результате сжатия равномерно распределенной в пространстве материи; другие, напротив, считают, что галактики образуются из объектов повышенной плотности. Виднейшим сторонником второй концепции является советский астрофизик В. А. Ам-





Спиральная туманность М 41 в созвездии Гончих Псов.

барцумян. В 1958 г., опираясь на данные, подтвержденные наблюдениями, он разработал собственную гипотезу возникновения звездных систем. По мнению Амбарцумяна, в ядрах ряда галактик имеются образования, которые и служат зачатками новых звездных систем. В этом отношении особый интерес представляют галактики с очень активными ядрами. Такие галактики были открыты в последние годы, в частности, сотрудниками Бюраканской астрофизической обсерватории, которую возглавляет Амбарцумян.

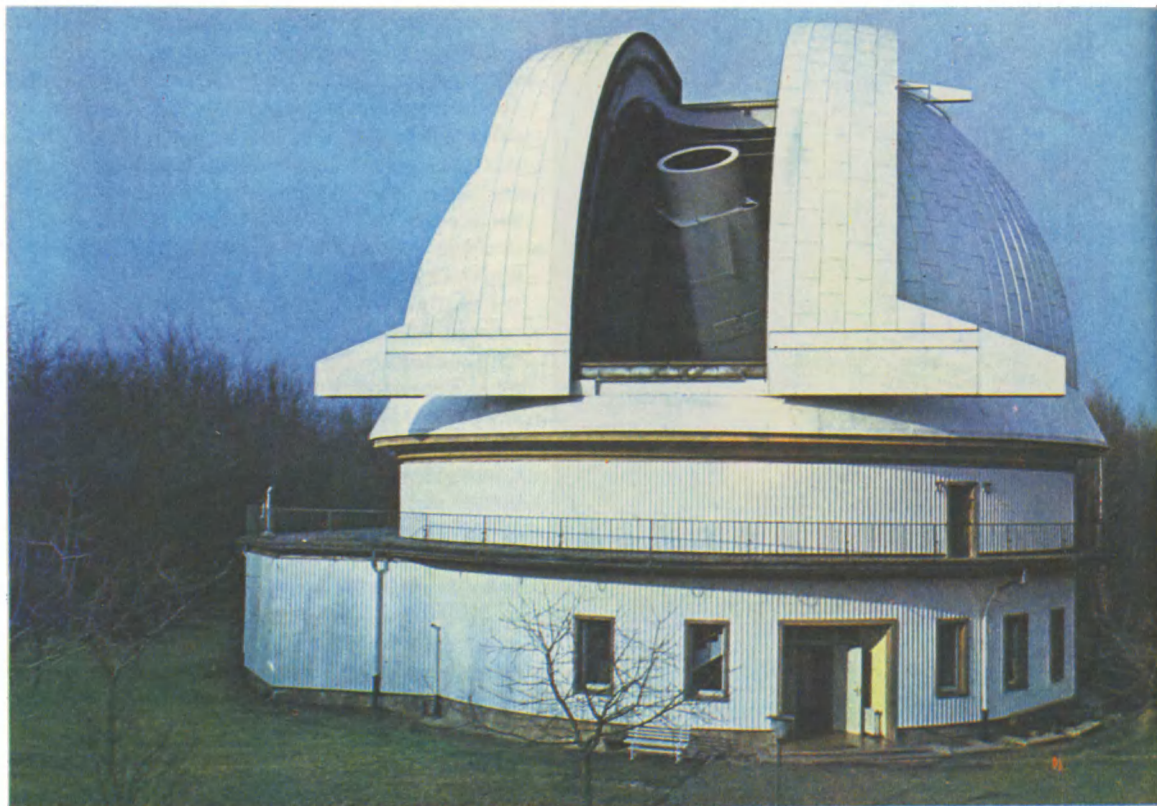
Как показывают исследования, галактики объединяются в группы, или скопления, которых в настоящее время насчитывается около 10 000. Наш Млечный Путь также входит в состав некоторой, относительно небольшой группы галактик, включающей

20 «членов». Весьма маловероятно, чтобы такие группы галактик, близких по своему физическому состоянию, образовались посредством стягивания галактик. Скорее наоборот: поскольку отдельные члены скоплений с высокими скоростями разбегаются друг от друга, разумнее предположить, что изначально они возникли из некоего «прародителя» с очень высокой плотностью.

Гипотеза Амбарцумяна находит подкрепление и в некоторых новых результатах наблюдений. Несколько лет назад Х. Арп из обсерватории Маунт-Паломар опубликовал фотографию и ряд данных, касающихся галактики NGC 772 и двух соседних с ней объектов. Из анализа красного смещения спектральных линий Арп нашел, что скорость разбегания галактики составляет 2430 км/с, тогда как скорости убегания соседних объектов достигают 19 700 км/с и 20 200 км/с. Согласно космологическому принципу Хаббла, это означало, что оба соседствующих объекта в настоящее время продолжают разбегаться с высокой скоростью и должны находиться от нас примерно в 8 раз дальше, чем NGC 772. Их соседство на фотографии могло бы оказаться чисто случайным. Однако при более точной обработке фотографии между большой галактикой и соседними объектами обнаружился своего рода «материальный мост». Следовательно, все три объекта удалены от нас примерно одинаково, а высокие лучевые скорости меньших объектов свидетельствуют просто об их больших кинетических энергиях, которые они, вероятно, приобрели при выбросе из материнской галактики. В некоторых спиральных рукавах обычных галактик также были замечены дочерние системы, по-видимому возникшие относительно недавно.

Однако пока еще рано делать какие-либо определенные выводы о подлинности таких «материнских мостов», ибо не исключено, что они есть не что иное, как просто дефекты фотографии.

Во всяком случае, несомненно, одно — процесс возникновения галактик не прекратился и поныне. И вместе с тем в далеком прошлом Вселенной, вероятно, было время, когда никаких галактик вообще не существовало.



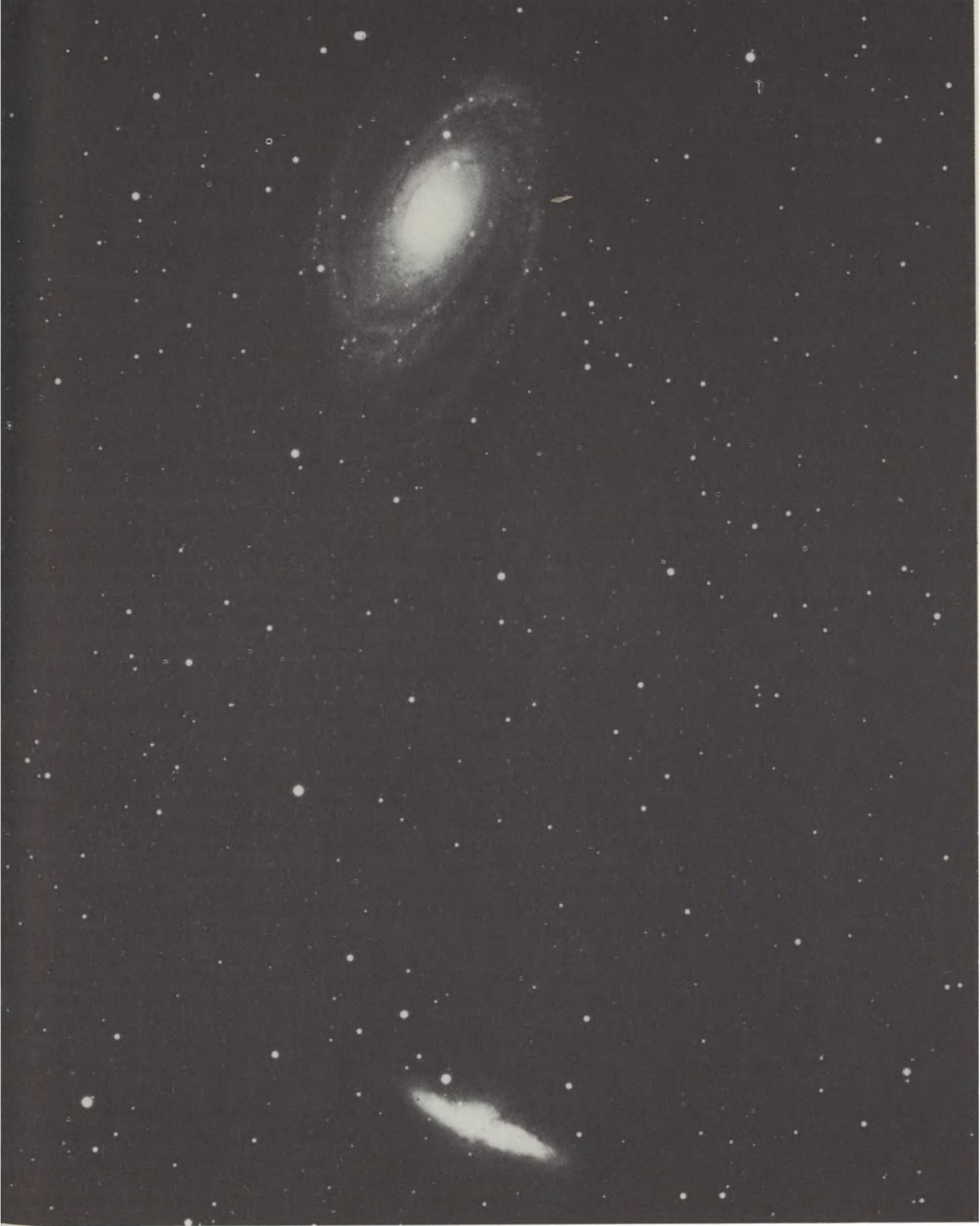
Павильон с куполом для 2-метрового зеркального телескопа в обсерватории Карла Шварцшильда при Академии наук ГДР (Таутенбург, Йена).

## Эволюционирующий космос

Издавна живой интерес исследователей вызывала Вселенная как единое целое. Во все времена самые смелые умы человечества предпринимали отчаянные попытки теоретически обобщить накопленный материал наблюдений и построить модель Вселенной. Сегодня этими сложными вопросами занимается особая дисциплина — космология. Она не касается отдельных форм существования материи — не атомы, не молекулы и даже не планеты, солнца и звездные системы составляют круг ее интересов. Космология рассматривает крупномасштабные аспекты Вселенной и оперирует лишь некоторыми фундаментальными свойствами материи. Космология ставит своей задачей решить глобальную проблему: как построена Вселенная в целом и какова ее история?

Одной из основных посылок, из которых исходит современная космология, является следующая: фундаментальные законы физики справедливы всюду и во все времена. Другая посылка состоит в том, что во Вселенной нет каких-либо «исключительных» (выделенных) направлений и областей. Это означает, что распределение материи во Вселенной однородно и изотропно. Любой наблюдатель, в каком бы уголке Вселенной он ни находился, будет видеть одинаковую Вселенную, т.е. «регистрировать» одни и те же значения средней плотности, соотношения движений и констатировать наличие одних и тех же законов расширения Вселенной.

Несмотря на концентрацию материи в больших звездных системах и их скоплениях в грандиозных масштабах космоса, ее распределение можно считать равномерным. По сравнению с огромными межзвездными пространствами протяженность звездных систем так незначительна, что подобное допущение вполне оправдано. Согласно приближенным оценкам, средняя плотность вещества во Вселенной чрезвычайно мала: порядка  $4 \cdot 10^{-31}$  г/см<sup>3</sup>. Чтобы



Галактики М 81 и М 82 (внизу)—нерегулярная звездная система, известная также как радиоисточник ЗС 231.



читатель мог нагляднее представить «пустоту» Вселенной, заметим, что эта величина соответствует плотности вещества порядка 1 атома водорода на  $1 \text{ м}^3$ .

Современные гипотезы о Вселенной как едином целом базируются на общей теории относительности Эйнштейна, которую он разработал в 1916 г. и которая по праву считается одним из величайших и основополагающих достижений науки XX в. Общая теория относительности — это теория гравитации в космических масштабах. В отличие от закона всемирного тяготения Ньютона общая теория относительности утверждает, что материя и пространство-время неотделимы друг от друга. Если, согласно Ньютону, «удалив из Вселенной материю», мы получим «пустое» пространство, то по Эйнштейну все выглядит совершенно иначе: «убрав» материю, мы тем самым «убрали» бы и само пространство.

Структура пространства в общей теории относительности не подчиняется законам евклидовой геометрии. Теории искривленных «неевклидовых» пространств еще в XIX в. были разработаны великими математиками Карлом Фридрихом Гауссом, Николаем Ивановичем Лобачевским и Бернхардом Риманом. Конечно, тогда они не могли предполагать, что подобные пространства реальны.

Эйнштейн сам предпринял попытку создать модель Вселенной на основе общей теории относительности — это была так называемая статическая модель.

Вселенная Эйнштейна находится в равновесии, обладает конечными размерами и одновременно не имеет границ! Общая теория относительности с ее искривленным пространством в принципе допускает столь невероятную, казалось бы, картину: пространство как бы замыкается само на себя. Двумерной аналогией такой модели может служить поверхность шара: она конечна и вместе с тем не имеет границ. Луч света, посланный из какой-либо точки этой вселенной Эйнштейна, должен обогнуть всю ее и по прошествии конечного интервала времени вернуться в исходную точку (ведь именно так путешественник, шагающий по одной дуге на поверхности шара, через какое-то время вновь возвращается домой). Вселенная Эйнштейна обладает конечной массой, которая определяется ее объемом и плотностью вещества. Таким образом,

эта Вселенная не развивается как некое целое — она статична.

В 1922 г. советский математик Александр Александрович Фридман (1888—1925) опубликовал работу, где на основании общей теории относительности предложил ряд моделей эволюционирующих вселенных, т.е. расширяющихся либо сжимающихся. Первоначально большинство специалистов восприняли эти гипотезы как абсурдные.

Лишь после того, как Хаббл и Хьюмсон экспериментально обнаружили «разбегание» галактик, т.е. установили всеобщее расширение Вселенной, модели Фридмана стали предметом серьезного внимания. И до сих пор они продолжают оставаться основополагающими при анализе космологических проблем.

## Возраст Вселенной

Наблюдаемое расширение Вселенной неизбежно вызывает вопрос: каков же был мир в прошлом и каково его будущее? Пользуясь постоянной Хаббла, определяющей возрастание скорости расширения с увеличением расстояния между галактиками, можно формально «отсчитать» время назад и установить, когда же начался процесс расширения Вселенной. Если взять за основу принятое сегодня значение постоянной Хаббла, равное  $60 \text{ км/с}$  на  $10^6 \text{ пс}$ , то возраст Вселенной составит примерно 10 млрд. лет, т.е. именно 10 млрд. лет назад начался наблюдаемый и поныне процесс расширения Вселенной.

Другими словами, было время, когда все вещество Вселенной было «стянуто» в некую точку. В современных теориях такая точка получила название сингулярности. Современные ученые-идеалисты, как философы, так и физики, пытаются использовать это понятие для создания «новейшей» теории «сотворения мира». Однако с точки зрения физики вопрос о состоянии материи в сингулярности представляется полностью бессмысленным, поскольку поведение и состояние материи в подобных, в высшей степени необычных, условиях не подвластны анализу с позиций известных ныне физических законов. Тем не менее сегодня интенсивно разрабатываются теории, которые, возможно, будут в состоянии описать необычные условия в «начальной



Крабовидная туманность на современной фотографии.

фазе» Вселенной. В недалеком будущем наука, вероятно, сможет «заглянуть» даже в момент «до того» и объяснить, почему Вселенная образовалась при «таких», а не иных начальных условиях.

В первые мгновения «по выходе» из сингулярности, т.е. примерно 10 млрд. лет назад, сама материя Вселенной должна была находиться в существенно другом состоянии, чем мы наблюдаем сегодня: она, по-

видимому, отличалась необычайно высокой плотностью и температурой; «рождение мира» сопровождалось необычайно интенсивным высокоэнергетическим излучением. (Никаких галактик, их скоплений и звезд на этом раннем этапе жизни Вселенной не было.) Со временем по мере расширения первичного огненного шара эквивалентная температура этого излучения должна была непрерывно падать, и сейчас, по прошествии 10 млрд. лет, должна составлять порядка нескольких кельвинов.

Действительно, в 1965 г. было обнаружено так называемое фоновое радиоизлучение, поступающее отовсюду из космоса, эквивалентная температура которого равнялась примерно 3 К (кельвинам). Это изотропное фоновое (реликтовое, т.е. остаточное) излучение рассматривается как остаток того мощного излучения, которое существовало на ранней стадии развития Вселенной.

Открытие фонового космического излучения и установленное Хабблом расширение Вселенной, по-видимому, свидетельствуют о том, что современная релятивистская концепция эволюции Вселенной отвечает действительности. Эти открытия послужили также важными аргументами против так называемой теории стационарной Вселенной, предложенной Германом Бонди и Томасом Голдом, а также Фредом Хойлом.

Таким образом, сегодняшнее строение Вселенной следует рассматривать как естественный результат ее первоначального состояния миллиарды лет назад. Правда, пока мы еще ничего не можем сказать о структуре Вселенной, а точнее, о ее размерах, о продолжительности процесса расширения, возможности последующего сжатия и т.д.

Однако кое на какие из этих вопросов нам помогают ответить исследования изменений в скорости разбегания галактик. Закон Хаббла остается справедливым и для чрезвычайно удаленных объектов. А ведь эти объекты представляют собой «частицы» далекого прошлого Вселенной, и, изучая их, мы получаем возможность проверить, насколько сохраняет свою величину постоянная Хаббла. Вопрос стоит так: движутся ли эти столь удаленные галактики тоже равномерно или в их движении наблюдаются какие-либо отклонения? Если обнаружится, что очень удаленные

галактики или определенные стадии их эволюции (например, квазары) характеризуются большими значениями постоянной Хаббла, то это значит, что скорость расширения Вселенной замедляется. Торможение могло бы вызываться действием гравитационных сил: чем энергичнее расширение, тем сильнее действует гравитация. Тогда должен существовать некий максимальный размер Вселенной, по достижении которого она должна была бы начать сжиматься. Принятую до сих пор линейную зависимость между скоростью разбегания галактик и их расстояниями пришлось бы признать лишь неким первым приближением.

К сожалению, современная астрономическая техника не позволяет нам проникнуть в такие глубины космоса, чтобы судить, насколько справедливы сегодняшние представления о расширении (или возможном его замедлении) Вселенной.

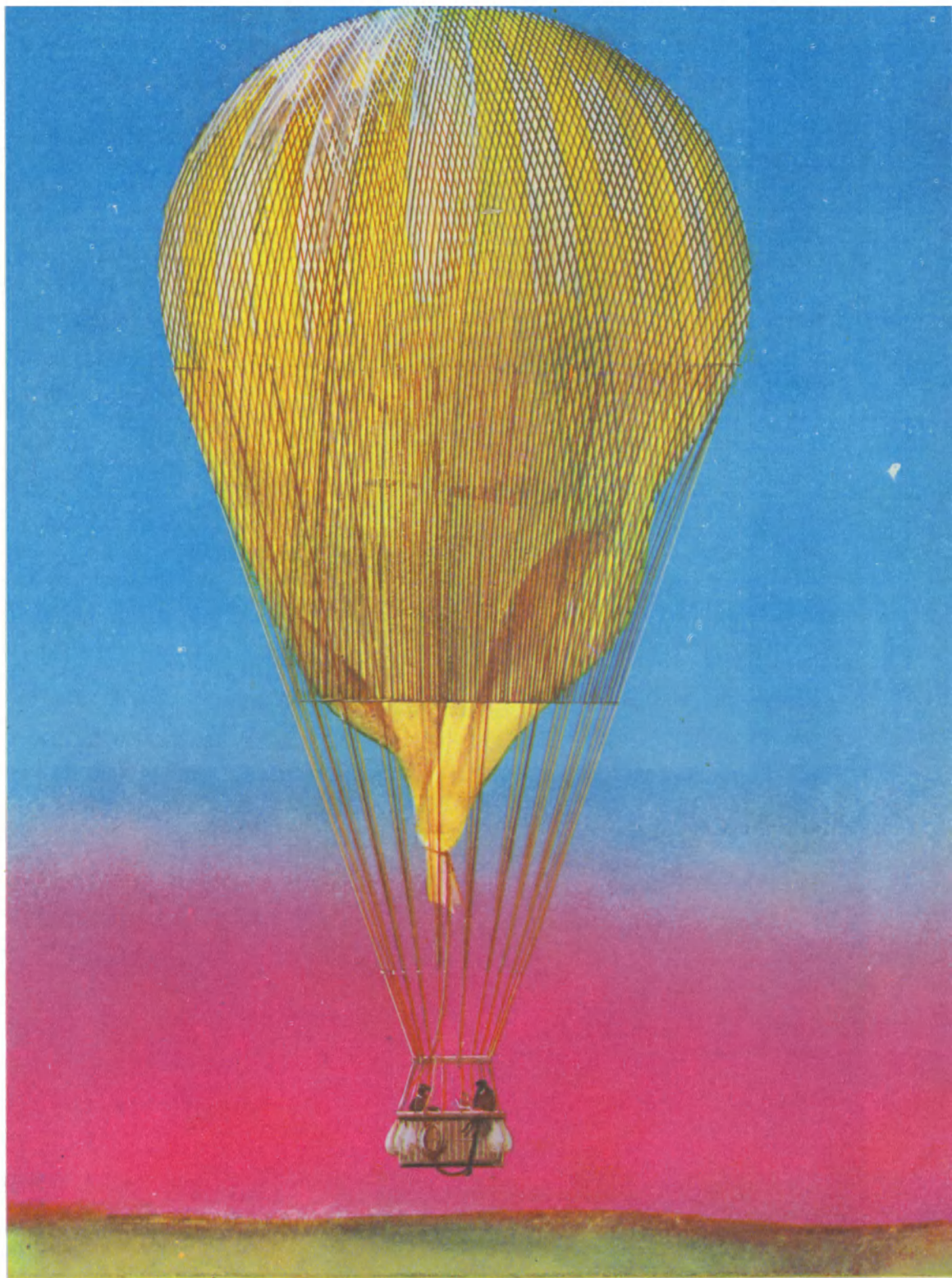
С физической точки зрения снижение скорости расширения существенно зависит от средней плотности вещества во Вселенной. Однако ее значение известно с точностью, явно недостаточной для теоретических расчетов. При этом также остается без ответа вопрос о топологии пространства-времени. Поэтому определение скорости замедления расширения позволит ответить на вопрос не только о будущем Вселенной, но и о ее структуре..

Итак, в настоящее время наука еще не в состоянии ответить на вопросы, касающиеся структуры и истории Вселенной. Над решением этих проблем целеустремленно и интенсивно работают исследователи в различных странах мира.

Сегодня основное внимание ученые уделяют разработке всевозможных теоретических моделей Вселенной, каждая из которых, безусловно, нуждается в проверке путем наблюдений.

Разумеется, модели не являются абсолютно адекватным отображением действительности, они показывают лишь некоторые определенные стороны ее. И об этом нужно все время помнить, оценивая те или иные — весьма упрощенные — модели Вселенной. Только дальнейшее развитие техники наблюдений и новая информация, полученная из космических глубин с ее помощью, могут внести какую-то ясность в сложнейшие проблемы космологии.





Подъем в стратосферу исследовательского зонда, управляемого людьми (XVIII в.).



Предстартовые приготовления на космодроме Байконур.



# НОВЫЙ КОЛУМБ

«Как, отец, мы тоже полетим? ·  
Но ведь мы не птицы!» — удивленно  
вопрошал Икар.  
«И все же, сын мой! Наступит время,  
и я обучу людей летать».

*Из древнегреческого мифа  
о Дедале и Икаре*

## Техника служит астрономии

Роль инструментов в научных исследованиях трудно переоценить. Благодаря им осуществляется связь между наукой как одной из форм человеческой деятельности (а именно, интеллектуальной) и состоянием производительных сил общества в целом. Как свидетельствует вся история человечества, научный и технический прогресс невозможно рассматривать в отрыве от особенностей развития человеческого общества и прежде всего характера материального производства.

Астрономические инструменты в этом плане не составляют исключения. Они непрерывно совершенствовались по мере развития экономики, техники и науки. Приведем такой пример. Промышленная революция привела к быстрому росту мануфактурного производства. Этот процесс в первую очередь охватил Англию. Промышленность нуждалась в топливе, и недостаток древесины в Англии привел к увеличению добычи угля и т. д. Одновременно началось быстрое развитие транспорта.

Все это дает возможность понять, почему Англия в XVIII в. стала «мастерской мира» и, опередив другие страны в области точной механики, оказалась в состоянии создавать самые мощные телескопы в мире. Творцом этих инструментов был великий астроном Вильям Гершель. Масса 1,2-метрового зеркального телескопа Гершеля достигала 30 т, а его труба имела длину 12 м и состояла из отдельных пластин. Сборка и монтаж такой сложной конструкции требовал новейшей технологии, и, как позднее говорил Гершель, здесь пригодились методы, используемые при строительстве арок мостов.

Только промышленно развитая Англия могла обеспечить Гершелю подходящие условия для такой работы.

Подобных примеров множество. Так, в США астрономические исследования развернулись лишь во второй половине XIX в. — одновременно с бурным ростом промышленности. В Советском Союзе астрономия пережила значительный подъем после победы Великой Октябрьской социалистической революции, что было обусловлено глубокими социально-экономическими преобразованиями в стране.

Бурное развитие наук, в том числе и астрономии, нельзя понять вне общего экономического развития общества. Как показывает статистика, например, рост числа обсерваторий — основных центров астрономических исследований — в течении XIX в. происходил по экспоненте. Экономическое развитие, выраженное в количестве валовой продукции, производимой в мире, в этот период времени следует тому же закону. Другими словами, развивающееся производство и связанное с ним растущее благосостояние человечества требовало более совершенных астрономических исследований.

## Самый большой «глаз» мира

Диаметр зрачка нашего глаза составляет около 7 мм. «Входное отверстие» этой своеобразной линзы ограничивает количество света, которое мы способны воспринимать. Именно поэтому в ясную ночь мы видим на небе около 3 тыс. звезд, а, скажем, не 10 или 100 тысяч. Чем больше поверхность линзы, тем больше света она принимает. Свет звезд приходит на Землю в виде параллельных лучей. Линза (или





Аллегорическая гравюра «Вперед к звездам» (1520 г.) – предвестник космических полетов.

зеркало) фокусирует эти лучи в фокальной плоскости в светящуюся точку; подобным образом действует и наш глаз. Количество света в этой точке во столько раз превышает количество света, собранного на сетчатке глаза, во сколько раз площадь линзы (или зеркала) превосходит площадь зрачка. Если воспользоваться линзой, диаметр которой вдвое больше диаметра нашего зрачка, то мы сможем разглядеть звезду, в четыре раза более слабую. Невооруженным глазом удается наблюдать звезды только до 6-й звездной величины. Таких звезд на небесной полусфере насчитывается около 3 тыс. Поскольку звезды в среднем кажутся тем слабее, чем дальше они от нас находятся, число наблюдаемых звезд быстро растет с уменьшением их видимой величины. Таким образом, вооружившись искусственным «глазом», мы способны дальше проникнуть в глубины Вселенной и увидеть более разнообразные космические объекты.

Вот почему создатели телескопов всегда уделяли большое внимание вопросу увеличения размеров линз этих инструментов. Во времена Галилея диаметр объектива зрительной трубы не превосходил диаметра линзы современного полевого бинокля. Несколько позже были построены гораздо более крупные телескопы, которые, к сожалению, отличались одним существенным недостатком — сильной цветовой аберрацией изображения (ахроматизмом). Чтобы как-то ослабить этот дефект, начали делать телескопы с большими фокусными расстояниями. Примером подобных кон-

струкций может служить гигантский телескоп Яна Гевелия (1611–1687). С изобретением ахроматических объективов, представляющих собой комбинацию двух линз, изготовленных из различных сортов стекла (Джон Доллонд, 1758 г.), от этого недостатка практически удалось избавиться.

Предельный диаметр линзовых объективов, изготавливавшихся в XVIII в., не превышал 10 см. Зеркальные телескопы, правда, имели несколько больший диаметр, однако их металлические поверхности быстро тускнели. Поэтому в XIX в. линзовые телескопы оставили далеко позади своих «зеркальных собратьев».

В начале XX в. американская фирма «Кларк и сыновья» изготовила для Йеркского рефрактора самую большую линзу с 102-сантиметровым объективом, которая до сих пор держит этот своеобразный «рекорд», ибо едва ли его вообще можно превзойти.

Зависимость числа видимых звезд от диаметра линз и зеркал

| Диаметр приемника, см | Предельная видимая звездная величина | Число видимых звезд, тыс. |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 3                     | 9                                    | 62                        |
| 5                     | 10                                   | 170                       |
| 8                     | 11                                   | 410                       |
| 20                    | 13                                   | 2700                      |
| 50                    | 15                                   | 17000                     |

Итак, только зеркала (в XX в. их уже изготавливали из стекла с серебряным покрытием) помогли человеку глубже заглянуть во Вселенную. Сначала размеры зеркал быстро увеличивались. Как мы уже упоминали, в 20-х годах в США в Пасадене был построен телескоп с зеркалом диаметром 2,5 м, а четверть века спустя на обсерватории Маунт-Паломар вступил в строй телескоп с 5-метровым зеркалом. Казалось, что это предел. Однако около 20 лет назад в Советском Союзе был разработан проект сооружения телескопа с 6-метровым зеркалом. Безусловно, подобное предприятие требовало участия в нем различных отраслей современной техники.

Сама по себе выплавка и обработка огромных стеклоблоков для такого зеркала оказались труднейшей проблемой, так



Пульт управления 6-метрового зеркального телескопа в Зеленчуке (СССР).

как никогда прежде не выплавлялись однородные стеклоблоки подобных размеров. Затем началась тщательная, длившаяся годы шлифовка и полировка зеркала (для этого пришлось построить специальное помещение, в котором все время поддерживалась постоянная температура). Наконец, 42 т борсиликатного стекла приняли нужную форму.

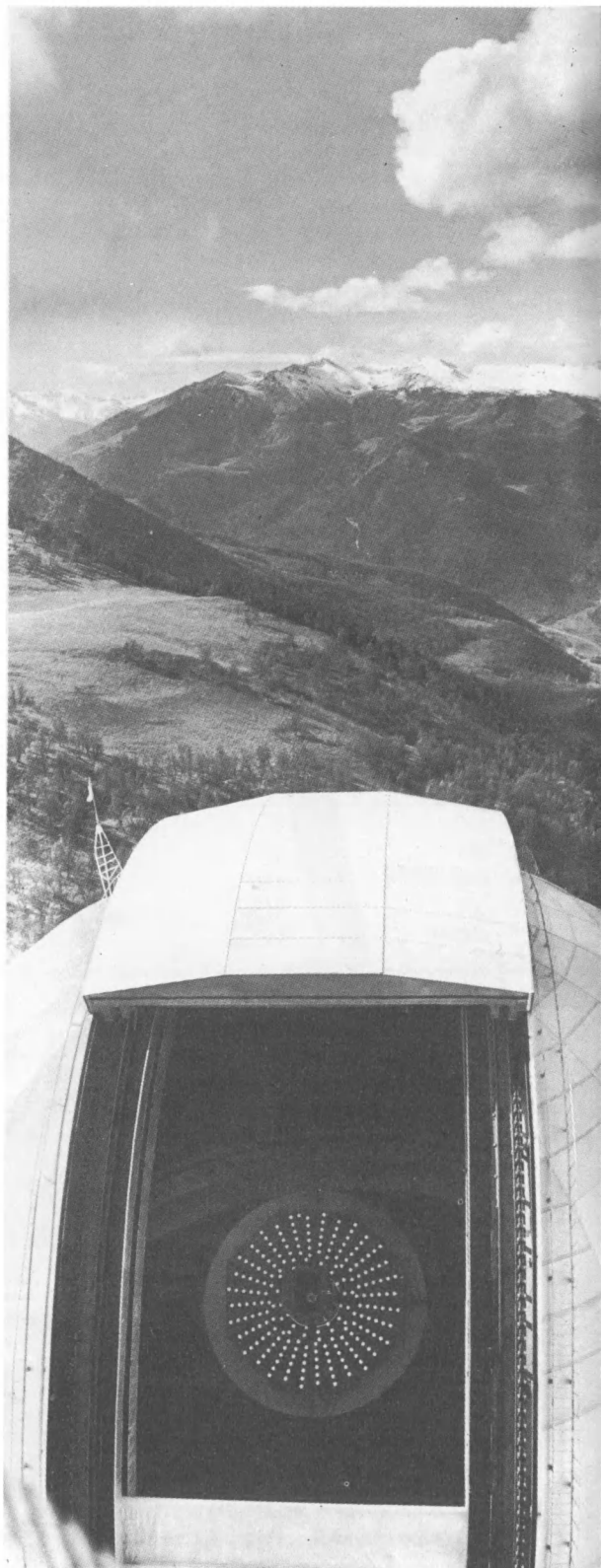
Не менее удивительна конструкция этого инструмента в целом: своей громоздкостью (высота порядка 42 м и общая масса около 850 т) он скорее напоминает продукт производства тяжелой промышленности, чем точный оптический прибор.

Теперь предстояло выбрать подходящее место для установки телескопа, которое с точки зрения «астроклимата» было бы наиболее благоприятно для эффективной работы столь ценного инструмента. С этой целью было снаряжено 16 научных экспедиций.

Значительная высота над уровнем моря, максимально прозрачная атмосфера и как можно больше ясных ночей в году — таким требованиям должен был удовлетворять «подходящий» район. Комиссия экспертов высказалась в пользу Зеленчука (Карачаево-Черкесская автономная область), расположенного северо-западнее Эльбруса на высоте 2080 м над уровнем моря. Начались активные строительные работы. Для установки гиганта был сооружен огромный купол диаметром 50 м, служивший крышей трехэтажной башенной постройки, в которой размещались дополнительные приспособления для подготовки и проведения исследований.

Огромная масса зеркала и инструмента в целом ставили перед строителями задачи, которые невозможно было решить привычными средствами. Чтобы добиться механической стабильности инструмента в процессе движения, конструкторам пришлось отказаться от обычных присемов установки астрономических инструментов. Советские астрономы предпочли азимутальную монтировку параллактической, при которой ось вращения инструмента параллельна оси вращения Земли. В последнем случае при слежении за звездами телескоп движется в одной плоскости

В горах Кавказа. Внешний вид купола 6-метрового зеркального телескопа Академии наук СССР.





с постоянной угловой скоростью. При азимутальной монтажке инструмент, ведя наблюдения за звездой, одновременно совершает движения в двух плоскостях, причем угловые скорости его изменяются в зависимости от положения наблюдаемого объекта на небе. Для управления столь сложным движением было разработано специальное электронно-вычислительное устройство, которое должно было с высокой скоростью преобразовывать «экваториальные координаты» в обычные декартовы и автоматически приводить в движение соответствующие части конструкции.

Огромная масса зеркала требовала особой тщательности при установке на опоры главной части оптической системы. На зеркало действуют силы тяготения, обусловленные гравитационным полем Земли, которые вызывают его деформацию, что естественно ведет к ухудшению качества изображения. Таким образом, необходимо было создать какие-то «искусственные» силы, которые, компенсируя действие гравитации, могли бы обеспечить сохранение формы зеркала (рассчитанной математически) неизменной.

## В ожидании хорошей погоды

С древнейших времен и до наших дней астрономы всегда находятся в прямой зависимости от состояния погоды. Сколько часов за долгую историю астрономии простояли телескопы в бездействии только из-за неблагоприятных для наблюдений погодных условий! Но это еще не все: для сбора оптической информации о Вселенной необходима глубокая ночная темнота. Летом в средних широтах день длится около 16 ч, а короткие ночи недостаточно темны для астрономов. Во все века исследователи звездного неба страдали от капризов погоды. Немало тщательно подготовленных дорогостоящих экспедиций, снаряжаемых «на край света» с целью наблюдений редких астрономических явлений, возвращались ни с чем только потому, что небо оказывалось затянутым плотной пеленой облаков.

Сегодня, когда астрономические телескопы с их дорогими оптическими устройствами довольно широко распространены в мире, вопрос рентабельности их эксплуатации становится важной экономической

проблемой. Самый большой телескоп США — 5-метровое зеркало обсерватории Маунт-Паломар — стоит (включая дополнительное оборудование) не менее 25 млн. долл., и каждая минута «простоя» этого инструмента, как говорится, «влетает в копеечку».

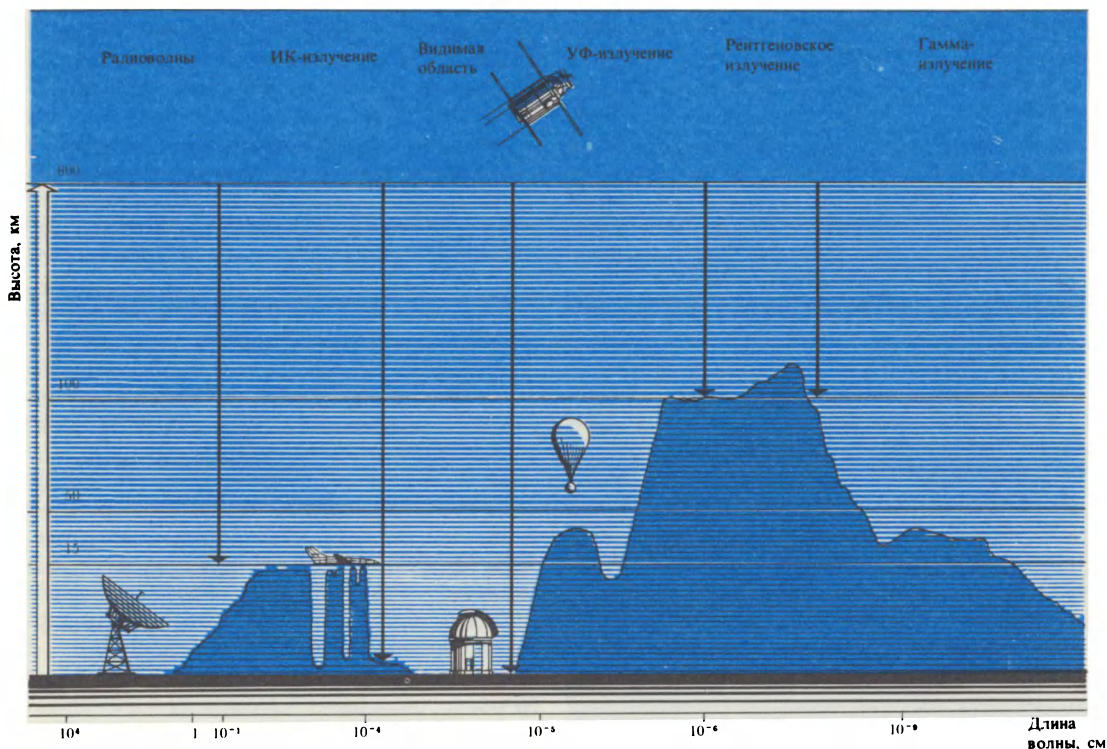
Существует и еще одна причина, по которой наблюдения с земной поверхности в наши дни уже не могут удовлетворить астрономов. Как мы уже знаем, космические объекты излучают в широком интервале длин волн электромагнитного спектра. Однако земная атмосфера имеет только два «окна» для приема космического излучения, а именно: «оптическое», пропускающее видимый свет (диапазон длин волн около  $3 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-6}$  м), и «радиоокно», через которое к земной поверхности проходит радиоизлучение (диапазон длин волн от нескольких миллиметров до десятка метров).

Более длинноволновая часть ультрафиолетового излучения (длина волн порядка  $2900 \text{ \AA}$ ) достигает лишь слоя атмосферного озона, лежащего на высотах 30—70 км (стратосфера). Самая коротковолновая часть ультрафиолетового излучения встречает в земной атмосфере «преграду» в виде атомарного кислорода и азота на высоте около 200 км.

Несмотря на малую плотность верхних слоев атмосферы, космическое рентгеновское излучение активно поглощается в ней уже на высотах порядка 100 км и выше.

Несколько более благоприятной выглядит ситуация в области «тепловых волн» (инфракрасный диапазон). Это излучение поглощается главным образом молекулами водяного пара и углекислого газа, количество которых в атмосфере быстро падает с высотой. Например, содержание водяного пара в тропосфере (нижний слой атмосферы толщиной примерно 10 км) достигает 1%, а следующая за ней стратосфера практически «суха». Значительно труднее проникает на Землю длинноволновое космическое радиоизлучение: оно отражается высоколежащими слоями атмосферы — так называемой ионосферой.

Многие из этих фактов стали известны еще в начале XX в. благодаря запуску воздушных шаров (баллонов). В наши дни для изучения состояния атмосферы широко используются космические ракеты. Итак, из всего обширного потока информации, идущей



Схема, показывающая «возможности» астрономических наблюдений. По оси ординат отложена высота над уровнем моря (км); по оси абсцисс — длина волны электромагнитного излучения (от радио- до гамма-излучения). Как следует из рисунка, существуют только два «окна», через которые электромагнитное излучение из космоса может беспрепятственно проникать сквозь земную атмосферу: «радиоокно» (диапазон радиоволн) и «оптическое окно» (диапазон видимого света). Для эффективной регистрации других видов излучения измерительную аппаратуру необходимо поднимать на различные высоты над поверхностью Земли или выводить за пределы земной атмосферы в ближний космос.

шей из космоса, Земли достигает лишь малая часть. Земная атмосфера ограничивает также предел разрешающей способности оптических телескопов. Состояние атмосферы в любой момент зависит от интенсивности турбулентных воздушных потоков, отличающихся по температуре и давлению. Вследствие этого «лучи» звездного света преломляются в атмосфере, и их интенсивность изменяется. Другими словами, звезда «мерцает» и «меняет» свое местоположение на небосводе, и фотография дает заметно увеличенное изображение звезды.

Ограничена также и дальность действия телескопа. При этом, чем больше размеры

телескопов, тем заметнее влияет на их работу атмосфера. Их разрешающая способность снижается до  $0,5''$  —  $1,0''$ . Так, при наблюдении Луны максимальное линейное разрешение, которое дает телескоп, составляет около 100 м, а при наблюдении Марса — в лучшем случае порядка 150 км. Если бы не атмосфера, то современные телескопы могли бы обеспечить угловое разрешение порядка  $0,006''$ , т.е. в 100 раз больше того, что реально достигнуто сегодня. Тогда с расстояния 500 км можно было бы различить десятикопеечную монету.

## Свежий ветер

Ягненок, утка и петух были первыми пассажирами наполненного горячим воздухом воздушного шара — удивительного изобретения братьев Монгольфье, — который поднялся в воздух осенью 1789 г. Через несколько месяцев в гондole воздушного шара в небо поднялись два человека. Только обладая богатой фантазией, можно было тогда понять, что эти события открывают путь в астрономию «свежему ветру». В те времена еще не возникало мыслей об

оснащении воздушных шаров телескопами. Тогдашние инструменты были далеки от того, чтобы исчерпать все возможности наземной астрономии. О том, что существуют другие, неоптические, виды излучения никто не имел понятия, хотя уже начинали разгораться споры о природе света и способах его распространения в «эфире» Вселенной. Некоторые наиболее дальновидные ученые уже говорили о необходимости устанавливать телескопы высоко в горах.

И все же именно братья Монгольфье положили начало полетам, которые прежде всего способствовали изучению атмосферы. В нашем столетии аэростаты начали служить исследователям неба. При этом в гондолах устанавливались не аппараты с линзами и зеркалами, а специальные камеры и счетчики, которые должны были обнаружить наличие в атмосфере радиоактивного излучения. Ионизационные камеры, используемые для подобных измерений, действительно регистрировали небольшой ток, как если бы они были изготовлены из материалов, содержащих «следы» радиоактивных веществ. Чтобы по возможности исключить влияние земного окружения (например, материалов стен зданий, радиоактивности почвы и т. д.), аппаратуру либо поднимали на шарах в воздух, либо помещали на высокие башни. В 1909 г. для проведения опытов использовалась даже Эйфелева башня. Если излучение действительно имело земное происхождение, то с высотой оно должно было ослабляться, и, зная высоту здания, скажем той же Эйфелевой башни, можно было вычислить это ослабление. Однако результаты оказались неудовлетворительными: измеренная величина радиоактивности много превышала расчетную.

Хесс и Кольхёрстер попытались выяснить причины такого непонятного расхода, поднявшись на аэростатах в высокие слои атмосферы: Хесс достиг высоты 5000 м, а Кольхёрстер — 9000 м. Они обнаружили нечто, диаметрально противоположное ожидаемому: на больших высотах интенсивность радиоактивного излучения заметно возрастала. Этот результат подтвердил справедливость ранее высказываемых предположений, что по крайней мере часть тока, регистрируемого приборами в подобных экспериментах, обусловле-

на отнюдь не земной радиоактивностью, а, по-видимому, связана с излучением, приходящим из глубин Вселенной. Лишь существенно позже — примерно в 30-х годах — удалось твердо установить, что именно тогда, в начале столетия, впервые было открыто «космическое излучение». Однако его происхождение представлялось загадкой, и до сегодняшнего дня его природа не выяснена окончательно, хотя о космических частицах высоких энергий сейчас известно достаточно много.

Таким образом, простая проверка физической теории привела к открытию, имевшему большие последствия в первую очередь для современной астрофизики. Воздушные же шары давно стали помощниками астрономов в борьбе с нестабильностью атмосфер.

## Камеры в стратосфере

Одним из пионеров баллонной астрономии справедливо считают великого русского химика Д. И. Менделеева (1834–1907) — создателя периодической системы элементов. Он предпринял попытку наблюдать из корзины воздушного шара полное солнечное затмение. Воздушный шар поднялся лишь до высоты 3500 м, т. е. 70% атмосферы оставалось над наблюдателем.

Этого было явно недостаточно, чтобы стратосферные исследования могли конкурировать с наблюдениями, производимыми на горных обсерваториях. «Нужны» были большие высоты, а следовательно, воздушные шары больших объемов, сделанные из более легких и одновременно более прочных материалов. Поэтому не удивительно, что рекордная высота в 10800 м — ее в 1901 г. достигли А. Берсон и Р. Зюринг — в течение 20 лет оставалась непревзойденной.

Лишь в начале 30-х годов аэростаты достигли нижней границы стратосферы (высот порядка 15000 м). Особенно при этом прославился французский исследователь Огюст Пикар (1884–1962), известный также как покоритель морских глубин.

В 1933 г. в Советском Союзе стартовал стратостат объемом около 24000 м<sup>3</sup>, который поднялся на рекордную высоту — 19000 м, однако год спустя этот рекорд был перекрыт советскими испытате-



лями П. Ф. Федосеенко. А. Б. Васенко и И. Д. Усыскиным, достигшими на стратостате «Осоавиахим» высоты 22 000 м.

Создание легких пластических оболочек для аэростатов привело к новым успехам. Теперь масса оболочки составляла лишь 0,1 массы газа, наполняющего шар. Отныне стало возможным более длительное пребывание аэростатов на больших высотах, что обеспечило благоприятные условия для систематических астрономических исследований.

Французский астроном О. Дольфюс решил сам предпринять такое «путешествие» с научными целями. Сын известного воздухоплователя, он еще восьмилетним мальчиком совершил свой первый полет как пассажир аэростата. Дольфюс сконструировал специальную герметическую гондолу, из которой он вел наблюдения планет. Желая достигнуть возможно большей высоты, Дольфюс применил метод, хорошо известный в метеорологии: для подъема гондолы с аппаратурой он использовал несколько шаров небольшого объема. В 1951 г. гондола была поднята на высоту 13 100 м 105 шарами.

В 50-е годы в США были сконструированы различные типы аэростатов, предназначенных специально для астрономических исследований. Среди них наиболее известен «Стратоскоп» астрофизика Мартина Шварцшильда — сына известного астронома Карла Шварцшильда.

С помощью этого непилотируемого летательного аппарата в стратосферу был поднят телескоп массой 135 кг с зеркалом диаметром около 30 см. Главная цель этого исследования заключалась в наблюдении тонкой структуры поверхности Солнца, которую нельзя было изучать с поверхности Земли. За сравнительно короткое время (приблизительно 5 ч) с помощью аппаратуры, установленной на этом аппарате, удалось сделать примерно 8 000 снимков. Никогда прежде астрономы не получили столь детальных фотографий поверхности Солнца.

С тех пор аэростаты неоднократно и с большим успехом использовались в качестве транспортного средства для подъема «солнечных» телескопов.

В 60-е годы оживленная деятельность в этой области развернулась и в Советском Союзе. В 1966 г. в соответствии со специальной программой астрономических

исследований в СССР были начаты запуски аппаратуры в верхние слои атмосферы. Так, в 1966 г. советский аэростат поднял на высоту 21 000 м гондолу, на борту которой находился зеркальный телескоп с зеркалом диаметром 50 см. Основная цель данного исследования состояла в изучении солнечной поверхности.

Однако в последнее время «баллонные» астрономические эксперименты ставят перед собой значительно более широкий круг задач. Сегодня таким путем исследуют в основном электромагнитное излучение «неоптического» диапазона. Современные синтетические материалы позволяют запускать на большие высоты аэростаты с баллонами объемом порядка 1 млн. м<sup>3</sup>; диаметр таких шаров в надутом состоянии достигает 200 м. Подобные баллоны в состоянии поднимать полезный груз массой 200 кг на высоту до 50 км. Одновременно удалось увеличить и продолжительность полетов. Таким образом, становятся вполне возможными исследования в инфракрасной и средней ультрафиолетовой частях спектра, а также в области жесткого рентгеновского и гамма-излучений.

Аэростаты были первыми посланцами астрономии в воздушном океане.

## Смелый провидец из Калуги

В 1903 г. читатели русского специального журнала «Научное обозрение» получили возможность ознакомиться с сочинением весьма примечательного названия: «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Автором его был Константин Эдуардович Циолковский (1857–1935), сорокашестилетний учитель из маленького городка Калуги. Мало кто был тогда знаком с его прежними работами «Мечты о Земле и небе» и «На Луне». Большинство же читателей названного журнала восприняли статью Циолковского, излагавшую, в частности, принципы реактивного движения, как плод больной фантазии. Однако это не помешало смелому мыслителю с неиссякаемым упорством продолжать работу над проблемами ракетных полетов.

Циолковский твердо верил, что человек не вечно будет жить только на Земле, что недалек тот день, когда он выйдет за пре-

дела космической «передней» — атмосферы. Ученый отмечал, что небольшие непилотируемые воздушные шары, оснащенные автоматическими приборами, чрезвычайно трудно поднять на высоту более 22 км, где атмосфера становится очень разреженной. Только ракеты в состоянии преодолеть этот естественный порог и проникнуть далеко в космос.

Широта теоретических проблем, которые пытался решить Циолковский, поистине удивительна: его занимали вопросы как создания ракетных двигателей, так и принципы их движения. Его смелая фантазия рисовала Землю, окруженную космическими станциями, находящимися на околоземных орбитах и служащими разнообразным научным и народно-хозяйственным целям.

В царской России идеи Циолковского не

Константин Эдуардович Циолковский.



нашли признания. Публикация его невероятных смелых работ оказалась возможной только благодаря мужеству редакторов некоторых изданий, которые не побоялись открывать дорогу всему новому, прогрессивному. Именно такой личностью был издатель «Научного обозрения» проф. М. М. Филиппов. В его журнале, например, печатались в русском переводе работы Карла Маркса и Фридриха Энгельса, а также труды Владимира Ильича Ленина. Каждая такая публикация была настоящим подвигом издателя. Это в полной мере относится и к публикации первого сочинения Циолковского, посвященного полету ракет, которая была сопряжена с большими трудностями. Вторая же часть работы так и осталась в ящике письменного стола автора, так как издатель «Обозрения» погиб при эксперименте со взрывчатым веществом. Журнал закрылся. Лишь 8 лет спустя эта часть работы Циолковского, наконец, появилась в журнале «Новости воздухоплавания». Ей было предпослано предисловие редакции, в котором говорилось, что идеи автора вряд ли стоит воспринимать всерьез, ибо он, очевидно, «упустил из виду» те трудности, которые связаны с реализацией подобных проектов.

Циолковский же утверждал, что без мечты и фантазии невозможен прогресс науки. Ученый был убежден в возможности реализации своих идей о космических полетах, но трезво понимал, что время для их осуществления еще не пришло. В одной из рукописей Циолковского, обнаруженной после его смерти, говорилось, что история знает немало примеров, когда новые идеи значительно опережали свое время.

В то время идеи Циолковского не нашли признания — в лучшем случае их воспринимали как бред чудака, а не новаторство ученого — но тогда не было никакой надежды на материальную помощь, которая позволила бы проверить их на практике. Брошюрами, изданными на собственные средства, Циолковский пытался привлечь интерес частных лиц или отдельных организаций к строительству небольших пробных ракет. Но все его усилия были напрасны.

Лишь после Великой Октябрьской социалистической революции Циолковский получил, наконец, признание, и его работы стали нужны стране. В период расцвета своих творческих сил (еще до революции)



Музей космонавтики в Калуге.

он создал свыше 130 сочинений, но 80 из них пылились в ящиках его письменного стола. В советское время за последние 18 лет жизни Циолковский, несмотря на преклонный возраст, написал еще 450 работ, которые принесли ему глубокое уважение современников.

## Устремленные к звездам

С первых лет своего существования молодое Советское государство, несмотря на чрезвычайно тяжелое положение, уделяло большое внимание развитию науки и техники. Среди других наук астрономия также получила максимально возможную поддержку со стороны Советского правительства. И в этом велико было личное участие самого вождя советского государства В. И. Ленина, который еще с детства проявлял глубокий интерес к исследованию космоса. Отец Ленина, И. Н. Ульянов, закончивший Казанский университет, выбрал

для своей диссертации астрономическую тему: он занимался расчетом траекторий комет, и его рецензентом был известный русский теоретик проф. Ковальский.

В. И. Ленин всячески поддерживал осуществление намеченных планов астрономических исследований. Так, он активно содействовал сооружению обсерватории в Крыму, закупке в Англии дорогостоящих инструментов для наблюдений и организации экспедиции по сбору метеоритных остатков на территории Советского Союза. О признании важности астрономии для просвещения народных масс убедительно свидетельствует тот факт, что уже в 1926 г. в Москве был построен большой планетарий — существующий и поныне, — который теперь ежегодно посещают до 500 тыс. человек.

К. Э. Циолковский не только получил в Советском государстве всеобщее признание — гораздо важнее, что его идеи встретили понимание и начали претворяться в жизнь; пришло время реализации «мечтаний и фантазий». В 1923 г. в Советском Союзе было организовано «Общество дру-



зей воздушного флота», которое, в частности, занималось популяризацией идей Циолковского о ракетных полетах. В 1921 г. в СССР была создана Газодинамическая лаборатория, а к началу 30-х годов советские ученые и инженеры уже активно экспериментировали с первыми ракетами на жидком топливе, которые поднимались на высоту порядка 4500 м.

В странах Запада тогда тоже активно работали над реализацией принципа ракетного движения. Советский ученый М. К. Тихонравов, характеризуя тот период поисков, отмечал, что многие фирмы, заинтересовавшиеся проблемой ракетного двигателя, надеялись на быстрое ее решение и получение соответствующих прибылей, но убедившись, что проблема весьма сложна, прекратили исследования. И немногие серьезные научные работы, которые появились в то время, долго оставались незамеченными.

В США наибольших успехов в области ракетных исследований добился Роберт Н. Годдард. В 1926 г. он запустил первую в мире ракету на жидком топливе, а три года спустя его ракета достигла высоты 300 м. Но результаты Годдарда стали известны лишь через много лет после его смерти.

В 30-х годах в Германии также появились крупные фигуры в области ракетостроения: Германн Оберт, Макс Валье и др. В своей книге «Ракеты для планетных пространств», вышедшей в 1923 г., Оберт излагал мысли, близкие идеям Циолковского, высказанным еще два десятилетия назад. Однако тогда Оберт ничего не знал о работах гениального калужанина и нигде не упоминал о них. Позднее, познакомившись с основополагающими идеями Циолковского, он поспешил написать в Калугу: «Я гораздо дальше ушел бы сегодня в своих собственных работах и не тратил бы много напрасных усилий, если бы имел возможность раньше познакомиться с Вашими превосходными трудами».

К моменту смерти К. Э. Циолковского (1935 г.) был положен конец едва начатым его немецким коллегой научным исследованиям в области реактивного движения. «Великогерманский рейх» поставил подобные исследования на службу фашизму. С началом второй мировой войны, развя-

занной нацистской Германией, ракетные исследования, направленные на мирные цели, прекратились и в других странах. В Германии же шла активная разработка военных ракет (Фау), которые нацисты цинично называли «Ракетами возмездия» и посылали для уничтожения городов Англии и других европейских стран.

## Ракетные эксперименты

Лишь после окончания второй мировой войны возобновились работы по созданию ракет, преследующие мирные цели. Уже в первые послевоенные годы советские специалисты использовали ракеты для подъема в верхние слои атмосферы специальных кабин с живыми существами; такие кабины затем возвращались на Землю. В США для подъема небольших исследовательских ракет на высоту порядка 20 км использовали аэростаты.

Очень скоро ракеты стали играть активную роль в астрономических исследованиях как новое средство. Они имели специальные отсеки, оборудованные разнообразными измерительными инструментами для изучения электромагнитного излучения «неоптического» диапазона. Однако для астрономических наблюдений ракеты оказались менее пригодны, чем аэростаты: продолжительность исследования космических объектов с их помощью была весьма ограничена. Ракеты поднимались на максимально доступную для них высоту и возвращались на Землю. Инструменты, используемые в подобных исследованиях, должны были обладать чрезвычайно высокой надежностью. Кроме того, ракетные эксперименты нуждались в больших материальных затратах, которые ни в коей мере не компенсировались добытыми таким образом результатами. Так, подъем на ракете полезного груза массой в несколько килограммов на высоту порядка 100 км, где он находился буквально считанные минуты, стоит примерно 1 млн. долл. В то же время для подъема на аэростате телескопа массой около 200 кг, который вел бы наблюдения в течение нескольких часов, требовалась всего лишь четверть этой суммы. Поэтому, несмотря на развитие ракетной техники, «баллонная астрономия» в дальнейшем, по-видимому, будет по-прежнему играть значительную роль.

## Искусственные звезды

4 октября 1957 г. мир облетело сообщение, которое у одних вызвало удивление и восхищение, у других — возможно, испуг. Но никого не оставило равнодушным: впервые в истории человечества было создано искусственное небесное тело, которое запустили на околоземную орбиту. Это сделали советские специалисты. С тех пор русское слово «спутник» вошло в языки народов всего мира.

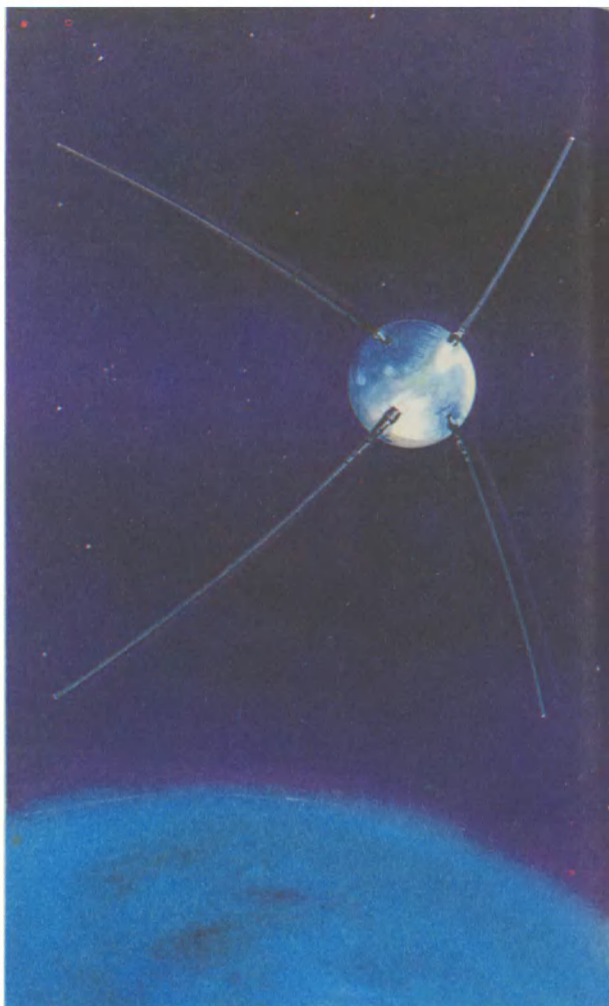
Это техническое «чудо» имело форму шара и весило 83,6 кг. Установленное на нем передающее устройство мощностью в 1 Вт посылало знакомые теперь многим сигналы «бип-бип-бип» на частотах 20 005 и 40 002 МГц. Перигей эллиптической орбиты первого спутника находился на высоте 228 км над поверхностью Земли, а апогей — на высоте 947 км. В течение 92 дней эта первая «звезда», сделанная руками человека, обращалась вокруг нашей планеты. Вечерами люди выходили на улицу, чтобы увидеть крошечный шар, который подобно маленькой звездочке перемещался по небу среди привычных «неподвижных» звезд.

С запуском первого спутника началась новая эпоха в исследовании космического пространства.

3 ноября 1957 г. опять же советская ракета вывела на околоземную орбиту новый спутник. Его масса была уже в 6 раз больше, чем у первого, и кроме технической аппаратуры, необходимой для слежения за траекторией полета, на борту спутника находились различные измерительные приборы для астрономических исследований, которые невозможно было осуществить с Земли. Там, в частности, были установлены приемники рентгеновского и наиболее коротковолнового ультрафиолетового излучений, предназначенные для регистрации излучения Солнца.

Широкую общественность, однако, больше всего поразил тот факт, что на борту «Спутника-2» находилось высокоразвитое живое существо — знаменитая собака Лайка. Становилось очевидным, что Советский Союз приступил к осуществлению широкой программы исследований, в которой не последнюю роль должны были играть пилотируемые космические полеты.

1 февраля 1958 г. США также запустили первый искусственный спутник «Эксплорер-1», выглядевший более чем скромным



4 октября 1957 г. в космическое пространство было выведено первое небесное тело, созданное руками человека, — советский «Спутник-1».

по сравнению со своим советским предшественником: его масса составляла менее 1/60 полезной нагрузки «Спутника-2», а сам он был в 10 раз меньше «Спутника-1». Мощность передатчика, установленного на борту американского спутника, составляла всего 60 мВт. Только несколько позже США добились значительных успехов на этом поприще.

## Люди в космосе

Затем последовали годы поистине триумфа космических полетов. Они существенно расширили наши знания о космосе и прежде всего о нашей собственной планете.

В 1961 г. Советский Союз открыл новую эру в исследовании космоса – эру пилотируемых космических полетов. 12 апреля мощная многоступенчатая ракета вывела на околоземную орбиту космический корабль «Восток-1», пилотируемый советским космонавтом майором Юрием Алексеевичем Гагариным (1934–1968). США также предпринимали энергичные усилия в этом направлении. За чрезвычайно короткое время – порой без соблюдения необходимых мер безопасности – там был разработан проект «Меркурий». 5 мая 1961 г. первый американский космонавт Алан Б. Шепард совершил полет по баллистической траектории, длившийся около 15 мин. Шепард преодолел расстояние порядка 500 км, достигнув максимальной высоты 184 км. Разумеется, это был далеко не «гагаринский полет». Желаемого результата США добились лишь 20 февраля следующего года: Джон Гленн совершил 5-часовой полет, трижды облетев земной шар.

Ю. А. Гагарин, первый космонавт мира, с С. П. Королевым – «отцом» советского ракетостроения.

В последующие годы мир неоднократно становился свидетелем множества новых космических достижений: первый групповой полет, 71-часовой полет первой женщины-космонавта, первые орбитальные станции – подвижные лаборатории, обращающиеся вокруг Земли («Салют» – СССР и «Скайлэб» – США).

Однако все эти огромные достижения в космических исследованиях, естественно, сопровождались значительными трудностями. Дорогостоящие космические программы ложились тяжким бременем на бюджеты государств.

Советские ученые и инженеры добились больших успехов в плане удешевления таких исследований. В качестве примера стоит рассмотреть программу ИСЗ серии «Космос». Начатая с 1962 г., она явилась результатом обобщения накопленного опыта и была призвана обеспечить получение максимально возможного объема научной информации при минимальных затратах. Программа спутников «Космос» отличается чрезвычайным многообразием. В зависимости от поставленных научных задач полезные массы этих спутников варьировались от нескольких сотен кило-







Возвращаемый отсек космического корабля «Восток».

граммов до нескольких тонн. Разнообразны были и орбиты спутников. Со времени запуска первого спутника этой серии и до наших дней на орбиты выведено уже более 1000 его «собратьев». Материалы, собранные в результате осуществления этой программы, могут составить весьма солидный том.

Какую же службу сослужила космическая техника астрономам?

## Остров Левания

«На расстоянии 50 тысяч миль в эфире лежит остров Левания. Дорога к нему от Земли и обратно бывает открыта очень редко. Слугам дьявола добраться туда легко, а для детей Земли этот путь тяжел и опасен для жизни... И если благодаря взрыв-

ной силе пороха, они полетят над горами и морями, то самым трудным для них будет начало движения, потому что здесь им придется испытать на себе сильное воздействие. Поэтому они должны будут перед тем одурманиться опиумом и тщательно предохранить свои члены...»

Это не отрывок из какого-нибудь романа Жюль Верна, подобное описание вышло из-под пера Иоганна Кеплера. Под островом Левания Кеплер подразумевал Луну, которую он рассматривал как объект для космических исследований.

Те скудные данные о Луне, которые были известны во времена Кеплера (они, кстати, не опровергнуты и сейчас), послужили скромной базой для начала активных исследований нашего спутника; дальнейшему их развитию способствовало создание новых наблюдательных астрономических инструментов. Вполне естественно, что Луна считалась наиболее подходящим небесным объектом и для современных космических исследований с помощью ракетной техники. Последние дали результаты, которые невозможно было получить путем наблюдений с Земли. Как ближайшее к Земле небесное тело Луну в определенном смысле можно рассматривать в качестве пробного камня при изучении других тел Солнечной системы.

Уже через 2 года после начала космической эры в 1959 г. Советский Союз запустил первый космический зонд-автоматическую межпланетную станцию (АМС) «Луна-1», посредством ее предполагалось проверить правильность баллистических расчетов. «Луна-1» прошла на расстоянии около 5 000 км от лунной поверхности и вышла на околосолнечную орбиту, став первой искусственной планетой Солнечной системы.

Стартовавшая в том же году «Луна-2» имела уже совершенно иную задачу: она должна была достичь лунной поверхности. Запуск удался. 14 сентября 1959 г. космический аппарат опустился на лунную поверхность вблизи кратеров Аристилл, Архимед и Автолик.

Три недели спустя советские исследования ознаменовались еще большим успехом. Станция «Луна-3» была запущена таким образом, что, двигаясь по траектории, огибающей Луну, она прошла на расстоянии 6 200 км от ее поверхности, а затем с расстояния порядка 65 200–68 400 км

сфотографировала примерно 2/3 поверхности обратной стороны Луны. Затем АМС (без коррекции траектории) вновь приблизилась к Земле и передала полученные ею фотографические изображения на наземную станцию слежения.

Немало различных догадок высказывалось о том, как выглядит обратная сторона Луны. Предполагалось, что она по своему строению должна значительно отличаться от видимой стороны.

Пока же очевидно было лишь одно: множество образований рельефа видимой стороны Луны давно получили свои названия, тогда как обратная ее сторона оставалась «темным пятном». Этот досадный пробел теперь решили ликвидировать: сфотографированным объектам лунной поверхности присвоили имена известных исследователей: Циолковского, Ломоносова, Лобачевского и других великих русских и советских ученых. Большая темная область по старой традиции получила название море — «Море Москвы». Но советские «крестные отцы» Луны, прекрасно понимая, что наука не есть деяние одного человека или одной нации — она творилась в разные времена и разными народами, — увековечили в названиях различных районов обратной стороны Луны имена Жюль Верна и Марии Склодовской-Кюри, Жюлио Кюри, Томаса Алвы Эдисона и многих других деятелей мировой науки и культуры. Со временем на карту лунной поверхности легли новые имена, среди них имена советских космонавтов и американских астронавтов.

## Лик Луны

Наступило время более внимательного исследования ближайшего к Земле небесного тела. В задачу дальнейших запусков входило подробное изучение свойств Луны — прежде всего получение по возможности более точного представления об основных деталях ее поверхности. Карты Луны, составленные на основе наземных наблюдений, уже не удовлетворяли современным требованиям.

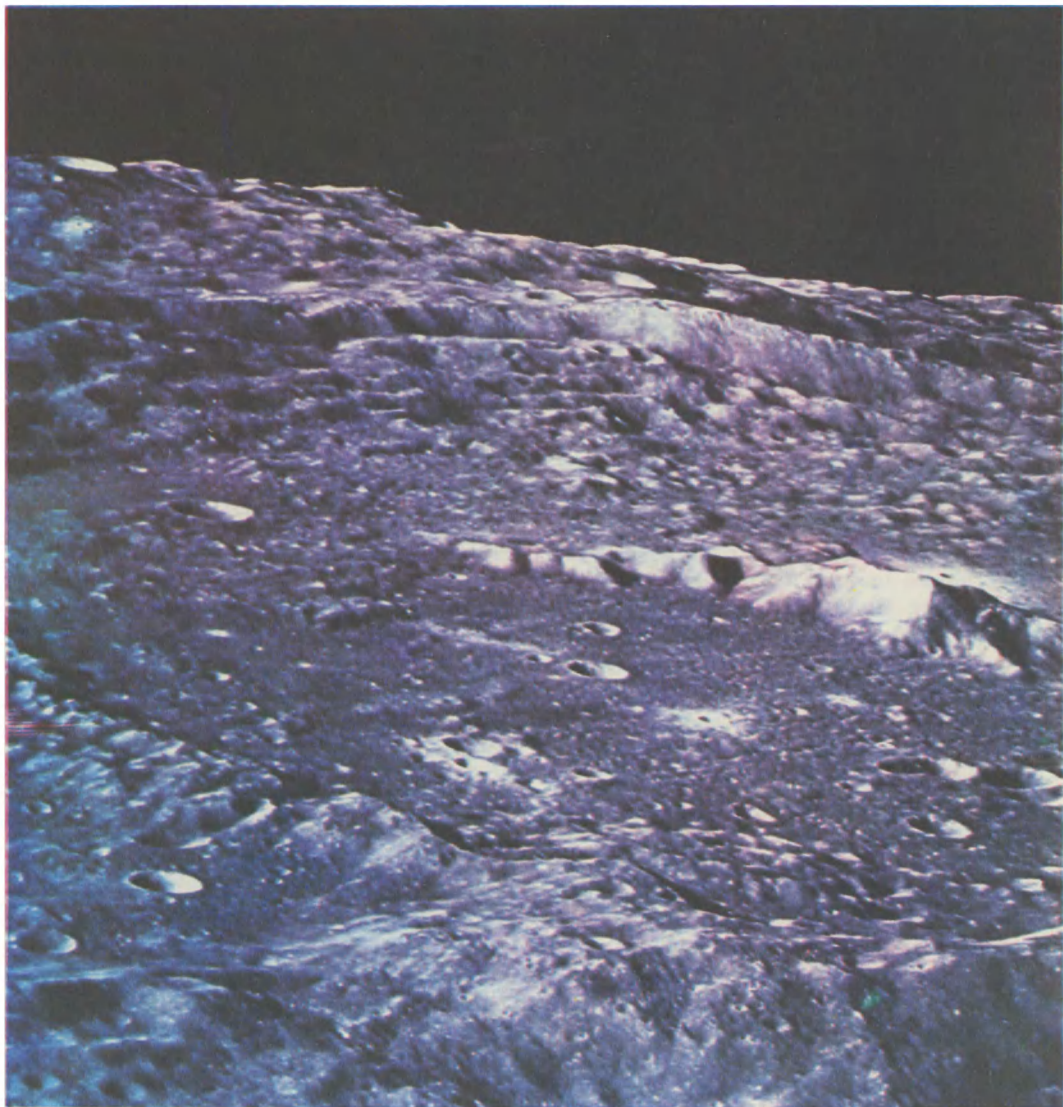
В рамках начатой в 1961 г. в США программы «Рейнджер» космический аппарат (КА) «Рейнджер-7» в 1964 г. в течение 17 мин, предшествующих его жесткой посадке на лунную поверхность, передал на

Землю 4 308 изображений района Луны, на которых удалось разрешить детали диаметром до 90 см. В ходе дальнейшей реализации программы «Рейнджер» было получено огромное количество изображений лунной поверхности с более высоким разрешением. Наконец, наступило время, когда при помощи искусственных спутников Луны (ИСЛ) оказалась сфотографированной почти вся лунная поверхность. ИСЛ серии «Лунар Орбитер», АМС типа «Луна», «Зонд» позволили создать весьма точные карты Луны. Без всей этой информации невозможно было бы ни успешное передвижение по Луне управляемых с Земли устройств, ни посадка на ее поверхность пилотируемых аппаратов.

Кроме того, продолжительные наблюдения за изменениями траекторий лунных спутников позволили сделать важные выводы о внутреннем строении Луны, об аномалиях плотности ее недр и т. д.

В 1961 г. президент США Джон Кеннеди возвестил о принятии так называемой «Национальной программы космических исследований». Основная цель этой программы формулировалась примерно так: чего бы это не стоило, первым человеком, ступившим на поверхность Луны, должен быть американец. Начатая разработка американской программы «Аполлон» в первую очередь преследовала соображения престижа. Она велась чрезвычайно высокими темпами. При контрольных испытаниях пилотируемого командного отсека на Земле погибли три американских астронавта: Гриссом, Уайт и Чаффи. Это почти на год задержало выполнение программы.

В 1968 г. США выполнили непилотируемый облет Луны. Первые попытки осуществить пилотируемый полет начали предприниматься в конце 1968 г. Правда, тогда еще отсутствовал необходимый для посадки специальный лунный отсек; его заменили моделью соответствующих размеров и массы. Совершив 10 витков вокруг Луны, космический корабль стартовал обратно к Земле. В марте 1969 г. программа посадки, включая имитацию высадки на лунную поверхность, была отрепетирована еще раз. В мае того же года к Луне вновь направился космический корабль «Аполлон-10». На этот раз лунный отсек с двумя астронавтами на борту отделился от основного корабля, совершил самостоятельный спуск и прошел в 15 км от поверхности



Изрытая кратерами поверхность обратной стороны Луны (снимок сделан с «Аполлона-10»).

Луны. Так в последний раз был произведен тщательный осмотр предполагаемого места посадки. Затем лунный отсек сблизился с орбитальным отсеком, состыковался с ним, и корабль в полном составе направился к Земле. Таким образом, удачный полет космического корабля «Аполлон-10» явился генеральной репетицией высадки человека на Луну. Через 8 недель начался собственно эксперимент, который, как уже говорилось, был целью американской «Национальной программы космических исследований».

21 июля 1969 г. посадочная кабина «Орел» мягко прилунилась в южной части Моря Спокойствия и через пять часов после этого астронавт Нейл Армстронг первым ступил на поверхность естественного спутника Земли. Спустя 20 мин за ним последовал второй член экипажа лунной кабины – Эдвин Олдрин. Армстронг провел непосредственно на лунной поверхности 2 ч 21 мин. Целью астронавтов была установка научных приборов, в том числе сейсмографа для изучения активности лунных недр, специальных экранов для исследования солнечного ветра и комплекта уголкового лазерных отражателей; астронавты должны были также произвести



сбор образцов лунного грунта. В общей сложности корабль «Аполлон-11» пребывал вблизи Луны более 21 ч, затем последовал обратный старт. 24 июля этот исторический полет был благополучно завершен: спускающийся аппарат корабля приводнился в Тихом океане.

К 1972 г. американцы совершили еще пять посадок пилотируемых аппаратов на поверхность Луны.

Бесспорно, программа «Аполлон» представляет собой величайшее научное и техническое достижение; высоко также значение полученных при этом научных результатов. Тем неожиданнее оказалось внезапное прекращение исследований Луны посредством пилотируемых полетов; оно было вызвано прежде всего серьезными финансовыми трудностями.

Для участников программы «Аполлон» это явилось тяжелым ударом. Множество талантливых высококвалифицированных американских ученых, инженеров, рабочих оказалось без работы. Никто не позаботился об их будущем, после того как они выполнили великую «национальную миссию». Подобный ход событий не был неожиданным; более того, так он планировался заранее. Вернер фон Браун (1912–1977), один из научных руководителей НАСА, прямо заявил: «Нам всегда бы-

ло очевидно, что после титанических усилий, связанных с высадкой людей на Луну, придется сделать определенный шаг назад... Мы ... стремились в своих докладах показать, что подобные программы нельзя открывать и закрывать, как водопроводный кран; что каждый раз, когда «кран закрывают», обнаруживаются огромные потери в знаниях и опыте, и вновь запустить подобную программу стоит колоссальных средств и что государству гораздо целесообразнее иметь программу, обеспеченную равномерным ежегодным финансированием».

## Автоматы на естественном спутнике Земли

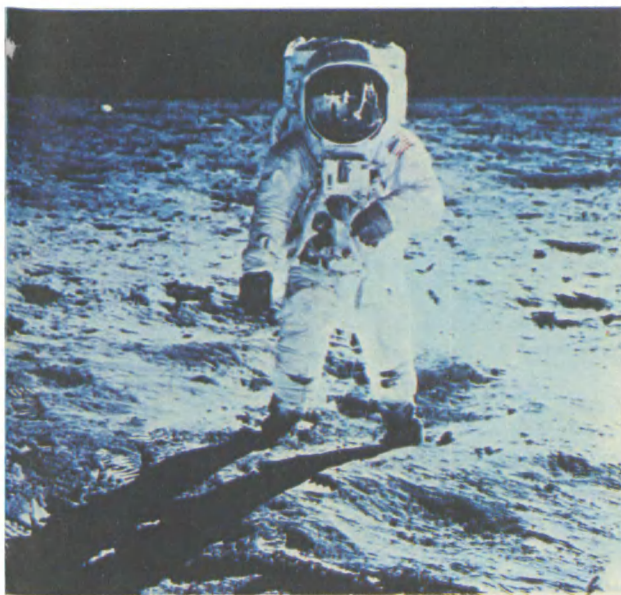
Советский Союз продолжал активное изучение объектов Солнечной системы при помощи автоматов.

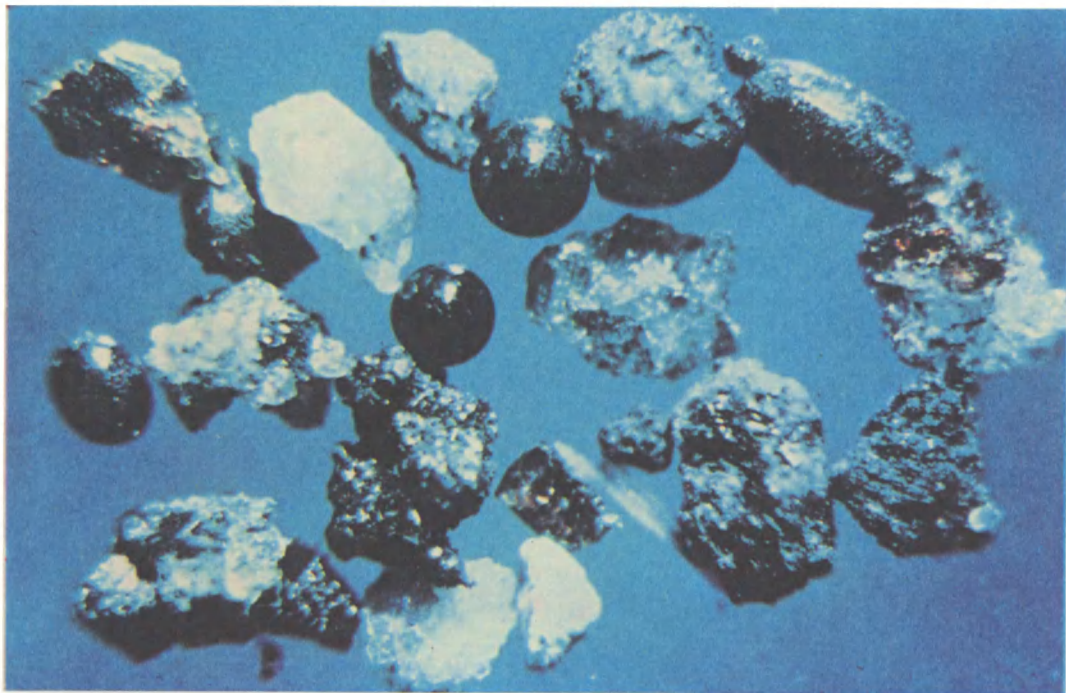
Впечатляющие успехи принесли автоматические лунные станции «Луна-16» и «Луна-17». 12 сентября 1970 г. с космодрома Байконур стартовала «Луна-16». Достигнув окололунной орбиты, после некоторой коррекции траектории, космический аппарат 20 сентября мягко опустился на лунную поверхность. Впервые была произведена посадка в условиях лунной ночи. Посадочная платформа имела специальное устройство, снабженное электробуром для взятия проб лунного грунта. Грунтозаборное устройство работало по командам с Земли. Полный цилиндр бура вошел в лунный грунт на глубину 35 см. По окончании бурения бур и добытый грунт были автоматически помещены в герметическую капсулу отсека, предназначенного для возвращения на Землю, который стартовал с лунной поверхности по команде с Земли. Через три дня аппарат с капсулой успешно приземлился в районе Казахстана.

«Луна-16» доставила на Землю около 100 г грунта, что было весьма немало. Значение эксперимента «Луна-16» состояло прежде всего в том, что таким образом наметился новый, очень перспективный, путь исследования объектов Солнечной системы. В 1972 г. успех «Луны-16» повторила станция «Луна-20», а несколько позже аналогичную операцию проделала «Луна-24».

Тот же принцип космических исследований – экономически более выгодный и не связанный с риском для жизни челове-

Эдвин Олдрин на поверхности Луны (экспедиция «Аполлон-11», июль 1969 г.).





Частицы лунной пыли (диаметром 0,25–0,5 мм) под микроскопом.

ка – был применен в решении задач, поставленных перед советской автоматической станцией «Луна-17». 17 ноября 1970 г. она прилунилась в Море Дождей – огромной темной равнине, которая различалась

Стеклянный шарик (диаметр около 1 мм) из лунной пыли (под микроскопом); виден след удара микрометеорита.



вблизи Северного полюса Луны даже невооруженным глазом. Вскоре после посадки первый в мире лунный транспорт – «Луноход-1» – покинул посадочную ступень и приступил к исследованию Луны. Самоходный аппарат был оснащен многочисленными приборами, среди которых имелись две телекамеры для передачи панорамных изображений лунной поверхности, телескоп для исследования космического рентгеновского излучения, а также лазерный отражатель, разработанный совместно советскими и французскими учеными.

В течение 10,5 месяцев «Луноход-1» совершал свое путешествие по лунной поверхности. Аппарат передал на Землю более 200 000 всевозможных изображений лунного ландшафта, обнаружил множество еще неизвестных космических источников рентгеновского излучения, выполнил анализ лунного грунта и провел исследование обширного участка лунной поверхности.

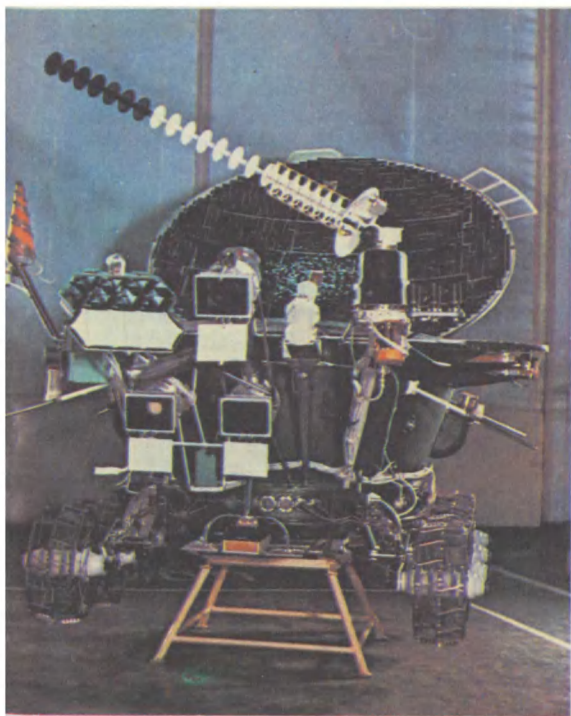
Однако большую ценность, чем конкретные результаты, добытые «Луноходом-1», представляет сам принцип такого метода исследования Солнечной системы – с помощью автоматов. Посадка в 1973 г. второй лунной передвижной лаборатории, «Лунохода-2», подтвердила правильность избранного пути.



## Космические аппараты на службе астрономии

Космические полеты открыли принципиально новый этап в исследовании планет Солнечной системы. Как уже отмечалось, наземная наблюдательная астрономия была лишена возможности «прямого контакта» с исследуемыми ею объектами. Космическая техника позволила приступить к «экспериментальной стадии» изучения тел Солнечной системы. Очевидно, со временем посредством традиционных наземных наблюдений также удалось бы добыть эти данные. Поэтому без преувеличения можно утверждать, что при изучении Солнечной системы автоматические космические средства являются законными преемниками классической астрономии. И, как и подобает достойному преемнику, он намного превзошел своего предшественника: полученные таким образом результаты весьма значительны. Если просмотреть сегодняшние работы об исследованиях Луны, то легко заметить, что по своему стилю они скорее напоминают публикации геолого-минералогического, а не астроно-

«Луноход-1» (СССР) – первый в мире лунный транспорт.

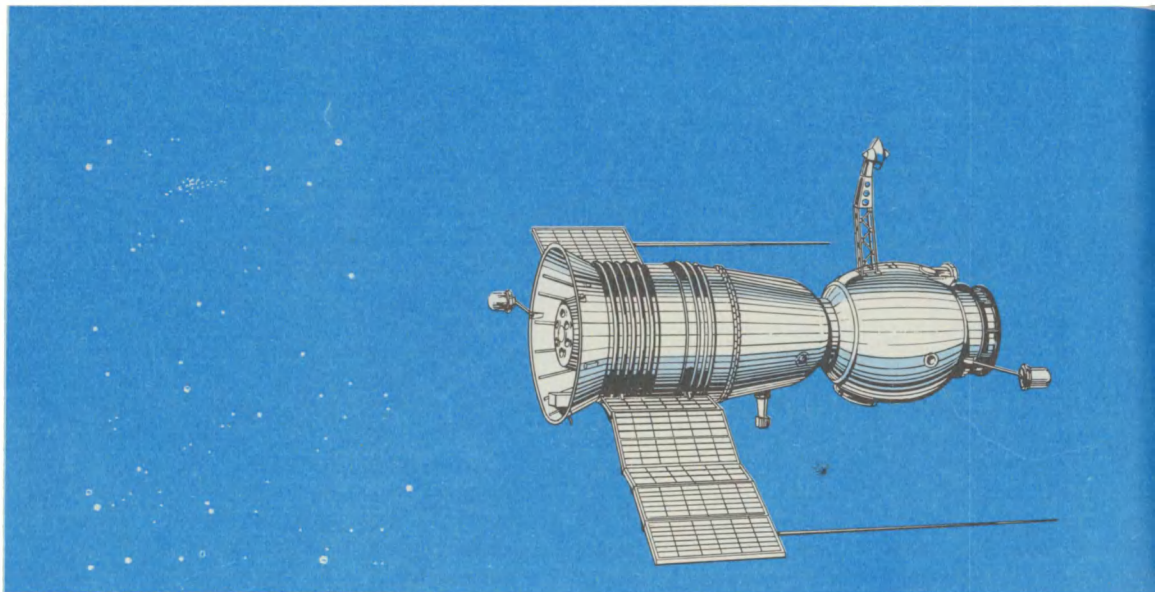


мического характера. Например, анализ лунного грунта выдвинул массу вопросов, которые никак нельзя отнести к компетенции астрономии.

Сегодня при планировании полетов к космическим «соседям» Земли совместно работают не только астрономы и астрофизики, но и геологи, химики, биологи и ученые многих других специальностей. Тенденция к смежным исследованиям, которая впервые наметилась с приходом в астрономию физиков, сейчас заметно развилась; космические исследования способствовали значительному прогрессу многих научных направлений.

Использование космических аппаратов заставило специалистов существенно пересмотреть прежние представления о ближайших к нам небесных телах. Наиболее ярким примером в этом отношении является Марс. Его исследования в течение столетий не принесли и малой доли тех результатов, которые за относительно короткий период добыли автоматические космические аппараты (КА). Когда в 1964 г. американский космический аппарат «Маринер-4» передал на Землю фотоснимки марсианской поверхности, полученные с расстояния порядка 10 000 км, астрономы пережили одно из самых величайших потрясений в истории планетных исследований. Марс, который всегда считался неким подобием Земли и в связи с этим рассматривался как основной «претендент» на роль «обитатели» жизни, оказался в гораздо большей степени подобен Луне. Его усеянная кратерами поверхность давала основания предполагать, что они возникли в результате тех же явлений, которые создали кратеры на Луне. Вслед за советским спускаемым КА, который в 1971 г. опустился на поверхность Марса, – правда, он функционировал там очень недолго – в 1977 г. на марсианской поверхности оказались два посадочных отсека американских КА «Викинг-1» и «Викинг-2». С их помощью были добыты многочисленные сведения о планете, а также серии очень детальных цветных снимков поверхности Марса. К сожалению, на интереснейший вопрос о возможном наличии на Марсе каких-либо форм или хотя бы зачатков жизни пока еще не получено окончательного ответа. Эти эксперименты вновь подтвердили правильность курса на исследование планетной системы посредством автоматических ап-





Космическая орбитальная станция «Салют-6» (справа) и космический корабль «Союз».

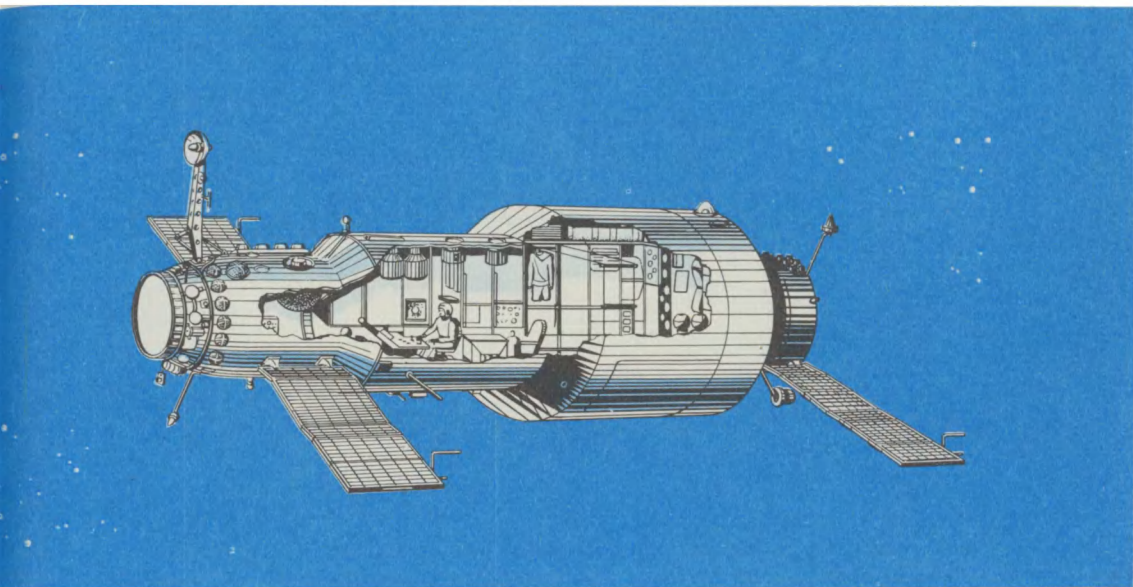
паратов. «Викинги» внесли серьезный вклад в изучение Марса, существенно изменив наши представления об этой планете.

Теперь уже пошатнулся тезис о «лунном подобии» Марса. Хотя немало фотоснимков его поверхности действительно свидетельствовало о его сходстве с нашим естественным спутником, тем не менее по многим деталям поверхность Марса напоминала земную. Самая малая по размерам и ближайшая к Солнцу планета нашей системы — Меркурий — оказалась на фотографиях, сделанных с американской межпланетной станции «Маринер-10», чрезвычайно похожей на Луну.

Поверхность Марса в месте посадки «Викинга-2» (сентябрь 1976 г.).

Благодаря успешной работе советских автоматических межпланетных станций кое-что удалось узнать и о Венере. Она по праву считается самой таинственной планетой, потому что никакой оптический телескоп не в состоянии проникнуть сквозь толщу облачного покрова этой планеты и что-либо узнать о деталях ее поверхности. В конце эпохи классических исследований Венеры была разработана ее примерная модель: предполагалось, что температура на поверхности планеты примерно на  $60^\circ$  выше, чем вблизи земной поверхности. По данным астрофизиков, Венера должна быть окружена теплой и влажной атмосферой, состоящей преимущественно из углекислого газа. Эта модель соответствовала условиям, которые, согласно различным гипотезам, должны были господствовать на нашей планете сотни миллионов лет назад. Отсюда был сделан вывод, что, возможно, сейчас на Венере имеет место эпо-





ха, напоминающая каменноугольный период земной истории. Воображению исследователей рисовались огромные папоротниковые и плауновые леса, кишасшие динозаврами.

Однако реальность опровергла эти фантазии. С тех пор как советские станции серии «Венера» начали в 1961 г. непосредственное исследование планеты, все эти представления развеялись как дым. Особое потрясение вызвала «Венера-3», совершившая в 1965 г. первую мягкую посадку на поверхность Венеры. Последняя оказалась планетой с очень плотной атмосферой: у самой поверхности она была по крайней мере в 60 раз плотнее земной атмосферы на уровне моря. Температуры вблизи поверхности Венеры достигают 750 К. Химический состав атмосферы на 97% представлен углекислым газом, имеются некоторые следы кислорода, но почти никаких следов воды.

Последующие полеты советских станций к Венере в основном подтвердили эту картину, несколько расширив и уточнив ее. В конце 1976 г. в результате благополучных посадок станций «Венера-9» и «Венера-10» на Землю впервые были переданы изображения поверхности планеты. Несмотря на слабую освещенность в местах посадок и сложное строение венерианской атмосферы, они оказались весьма хорошего качества.

Большие сюрпризы принес и первый

полет в декабре 1973 г. американского КА «Пионер» вблизи планеты-гиганта Юпитера. Хотя этот космический разведчик, 21 месяц добравшийся до планеты, наблюдал ее лишь с расстояния 150 000 км (к тому же продолжая двигаться со скоростью 131 000 км/ч), стало совершенно очевидно, что «в энциклопедиях и школьных учебниках необходимо заново переписать все главы, касающиеся Юпитера». Эта планета обладает мощным магнитным полем, более чем в 10 раз превосходящим земное. Новые данные были получены также при обработке 336 цветных изображений планеты. Наряду с такими известными явлениями, как мощный пояс облаков вблизи экватора или обнаруженное еще несколько столетий назад большое Красное Пятно, были открыты атмосферные возмущения большой пространственной протяженности. Причиной этих явлений считают гигантские вихревые бури, возникающие в атмосфере планеты. Поскольку Юпитер принадлежит к другой группе планет, чем Меркурий, Венера, Земля и Марс, то естественно, что специалисты с нетерпением ожидают дальнейших результатов исследований таких планет-гигантов<sup>1</sup>.

Приведенные примеры убедительно показывают, что использование космических

<sup>1</sup> В настоящее время полет к внешним планетам Солнечной системы осуществляют американские КА серии «Вояджер». — Прим. перев.





Центр управления полетом (СССР).

аппаратов для изучения Солнечной системы представляет собой огромный скачок вперед в развитии астрономии. Возможности этого нового чрезвычайно перспективного метода в полной мере раскроются, когда космические аппараты будут посланы к кометам и астероидам; спутники, сделанные руками человека, станут обращаться вокруг планет и даже самые дальние планеты Солнечной системы попадут в сферу действия автоматических посланцев людей.

Однако было бы совершенно неправильным, восторгаясь этими удивительными успехами — а их еще, видимо, немало принесет наше столетие, — рассматривать классическую астрономию как «вчерашний день» в исследовании Вселенной. В обозримое время космические летательные аппараты не смогут «выбраться» за пределы Солнечной системы. Об исследовании таким путем более удаленных объектов Вселенной пока остается только мечтать.

Сегодня возможность достижения звезд

в принципе представляется весьма сомнительной. Так, даже при самом совершенном — по нынешним понятиям — ракетном топливе (скажем, ядерном) продолжительность полета к ближайшим звездам оказывается огромной. При самых благоприятных соотношениях массы горючего, необходимого для столь длительного путешествия (не менее чем в 20 световых лет), и массы космического корабля полет продолжался бы около 30 лет.

Предполагается, что прямые исследования ближайших звезд с помощью космических кораблей, возвращающихся на Землю, только тогда могли бы рассчитывать на успех, если бы удалось использовать энергию «аннигиляции», т.е. полного превращения в энергию определенной массы вещества.

Посылка к ближайшим звездам космических аппаратов без их возврата на Землю принципиально возможна, но лишена практического смысла. Допустим, мощность передатчиков окажется вполне достаточной для связи с космическим аппаратом в течение нескольких световых лет. Но тог-



да и сигналы, посланные кораблю, и сообщаемая им информация опять же «путешествовали» бы несколько лет, так что осмысленная сверхдальняя связь в этом случае почти исключена.

Поэтому все надежды на исследование глубин космоса в ближайшем будущем строятся на использовании телескопов, выведенных за пределы земной атмосферы.

## Проблемы космического телескопа

Предположим, мы с помощью ракеты вывели зеркальный телескоп на околоземную орбиту. Естественно возникает вопрос: какие преимущества приобретает этот инструмент по сравнению со своим «двойником», установленным на земной поверхности?

При сегодняшнем качестве больших зеркальных телескопов таким путем можно было бы повысить разрешение инструмента примерно на порядок, т.е. космический телескоп способен «увидеть» более слабые объекты, чем идентичный наземный прибор. Однако выигрыш не так велик, как может показаться на первый взгляд. Разрешающая способность 3-метрового телескопа возрастает на 2 звездные величины, иначе говоря, предельная звездная величина, которую можно наблюдать в таком случае, составляет около 23. В результате размеры «обозреваемой» Вселенной возрастают примерно вдвое. В принципе посредством космического телескопа можно регистрировать еще менее яркие объекты, но в таком случае необходимо «накапливать» приходящее излучение, например, с помощью фотографических пластинок, что увеличивает время наблюдений.

Продолжительность наблюдений не единственное препятствие для более глубокого проникновения в космос. Естественная «граница» определяется также тем, что на околоземной орбите небо также не является «абсолютно черным». В действительности неразрешаемые звезды Млечного Пути, удаленные галактики и газово-пылевые облака нашей звездной системы образуют некий слабосветящийся занавес, который существенно ограничивает наши возможности: мы можем наблюдать лишь объекты, яркость которых на определенную величину превышает этот фон.

Таким образом, космический телескоп обладает более высоким разрешением, способен «видеть» звезды меньшей звездной величины. Однако главное его достоинство состоит в том, что он позволяет вести наблюдения независимо от погодных условий и длины волны принимаемого излучения. Итак, возможности применения космических телескопов весьма многообразны и их эффективность достаточно высока. В принципе с помощью такого инструмента можно непрерывно регистрировать информацию в очень широком диапазоне длин волн — примерно от 1 мм до 500 нм.

Но наряду с преимуществами, полученными в результате выведения зеркального телескопа на околоземную орбиту, исследователи столкнулись с рядом серьезных, пока неразрешенных проблем. В частности, при этом требуются специальные устройства для стабилизации и ориентации телескопа с такой степенью точности, чтобы возможность повышения его разрешающей способности действительно могла быть реализована.

## Космические полеты и астрономия

В настоящее время чрезвычайно важной является проблема создания и совершенствования приемников излучения различных длин волн, особенно интересных с точки зрения астрономических исследова-

«Фотография» Солнца в рентгеновском диапазоне.





Так могла бы выглядеть лунная лаборатория в далеком будущем.

ний и доступных регистрации с околоземной орбиты. Здесь прежде всего речь идет о приемниках ультрафиолетового, инфракрасного и рентгеновского излучений.

Чтобы проиллюстрировать сложность возникающей при этом проблемы, достаточно упомянуть, что, например, приемники ИК-излучения приходится охлаждать до температуры жидкого гелия (2–4К).

При исследованиях рентгеновского космического излучения до сих пор преобладали так называемые пропорциональные счетчики, разработанные для регистрации

ядерных излучений в наземных лабораториях. Чувствительность таких датчиков прямо пропорциональна их регистрирующей поверхности, которая в настоящее время достигает 10 тыс. см<sup>2</sup>. В США был разработан и запущен спутник, оснащенный специальной аппаратурой для приема рентгеновского излучения. Полученные результаты оказались весьма интересными, и подобные исследования продолжались с всевозрастающей активностью. Наряду с общим рентгеновским излучением, равномерно приходящим со всех сторон (изотропный рентгеновский фон), было обнаружено более 160 дискретных рентгеновских источников, которые лишь в редких

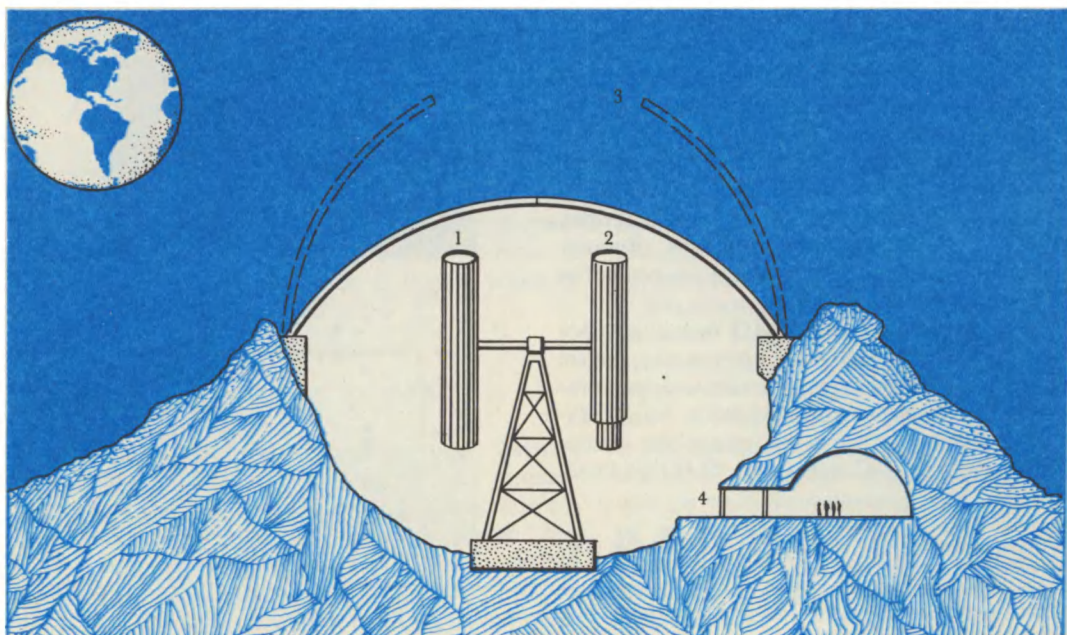
случаях удалось идентифицировать с известными оптическими объектами.

Астрономическая измерительная аппаратура была установлена еще на «Спутнике-2». В дальнейшем она неизменно составляла значительную часть оборудования советских и американских спутников. Со временем стали создаваться целые орбитальные исследовательские станции, исключительно предназначенные для астрономических наблюдений. Примером может служить американская «Орбитальная астрономическая обсерватория» (ОАО). Ввод ее в действие обещал астрономам получение новейшей по своей природе информации. К сожалению, первый опыт оказался неудачным. Обсерватория была выведена на околоземную орбиту 8 апреля 1966 г., но из-за неисправностей в системе энергообеспечения так и не начала нормально функционировать. Лишь вторая ОАО смогла приступить к выполнению запланированной программы. 7 декабря 1968 г. «летающая обсерватория» при помощи ракеты «Атлас-Центавр» была выведена почти на

Идеальной для астрономических обсерваторий могла бы стать исследовательская станция, сооруженная непосредственно на поверхности Луны, возможно, в небольшом лунном кратере. 1 – телескоп; 2 – спектрограф; 3 – подвижная защитная оболочка; 4 – шлюз, ведущий в лабораторию, расположенную под лунной поверхностью.

круговую околоземную орбиту высотой около 750 км; обсерватория совершала 2 оборота вокруг Земли примерно за 100 мин.

Эта летающая космическая обсерватория по своей форме напоминала восьмиугольный цилиндр диаметром 2,1 м и высотой 3 м. Электроэнергия поступала от двух солнечных батарей, общая площадь которых составляла 9 м<sup>2</sup>. Астрономические инструменты были разработаны и смонтированы астрофизической лабораторией Смитсоновского института и Висконсинским университетом. Главная задача «телескопического эксперимента», разработанного Смитсоновским институтом, состояла в определении звездной величины различных звезд в ультрафиолетовой области спектра. Для решения этой задачи на обсерватории были установлены 4 зеркальных телескопа с зеркалами диаметром до 31 см. В качестве детекторов использовались специальные телевизионные трубки, обладающие высокой чувствительностью в ультрафиолетовой области. Эксперимент очень убедительно продемонстрировал преимущества «спутниковой астрономии» по сравнению с прежними ракетными наблюдениями. За 4 недели было получено значительно больше информации об УФ-излучении звезд, чем за предыдущие 15 лет ракетных исследований.



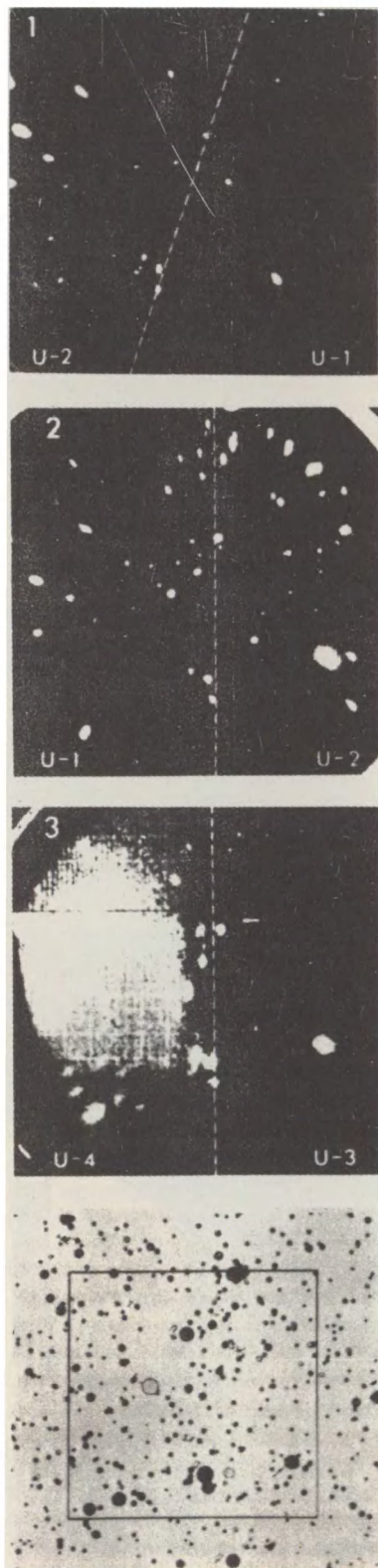


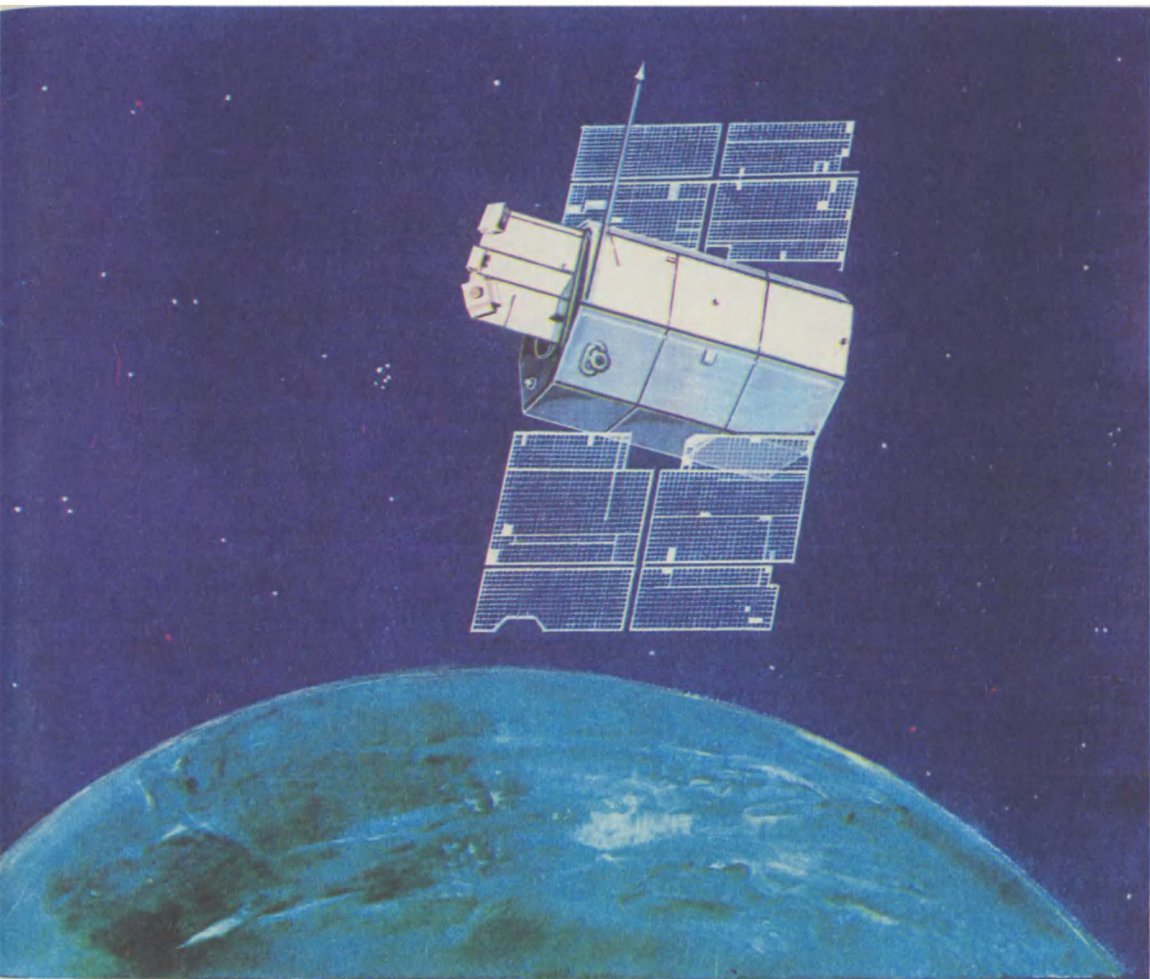
Эксперимент, запланированный Висконсинским университетом, был связан с изучением молодых горячих звезд, причем в первую очередь с исследованием их УФ-излучения; для этой цели были использованы 4 телескопа с 20-сантиметровыми зеркалами. Звезды названного типа преимущественно излучают в ультрафиолетовой области спектра, так что подобные измерения привлекают особое внимание астрономов. Наибольший интерес представляло сравнение измеренной интенсивности УФ-излучения звезд с теоретически рассчитанной. Было установлено, что некоторые горячие молодые звезды излучают в УФ-области значительно слабее, чем это следовало из теории. Обнаруженный «дефицит» УФ-излучения поставил перед астрономами целый ряд важных вопросов. Быть может, наблюдаемая разница обусловлена звездными атмосферами, которые, возможно, не соответствуют современным моделям или во всем этом «повинно» межзвездное вещество, поглощающее излучение. Наконец, может быть, причина заключается в методике эталонирования применяемых измерительных приборов?

Итак, запуск ОАО сулил большие успехи. Однако доставка летающей обсерватории на орбиту — весьма непростое предприятие. Это отчетливо продемонстрировал последующий запуск ОАО-В; до сих пор он остается самым дорогостоящим экспериментом внеземной астрономии. На этот раз не был выполнен «отстрел» защитной оболочки головной части ракеты «Атлас-Центавр»; в результате аппарат, отягощенный добавочной массой, не смог выйти на расчетную орбиту и стал терять высоту. При входе в плотные слои земной атмосферы космический аппарат сгорел вместе со всем оборудованием. Финансовые потери при этом составили 100 млн. долл.

Дальнейшие запуски ОАО оказались более удачными. Были получены новые данные о химическом составе межзвездного газа, о распространенности в межзвездной среде молекулярного водорода и космической пыли. С помощью ОАО удалось

Фотографии одного и того же участка неба, сделанные на наземной обсерватории (внизу) и с борта орбитальной астрономической обсерватории ОАО-2 (вверху) в УФ-диапазоне на различных длинах волн.





Летающая астрономическая обсерватория ОАО-2 (США, 1968 г.).

составить каталог звездных величин в УФ-области для 10 000 звезд. Весьма ценные сведения были получены также посредством советских космических аппаратов «Орион-2», запущенных с борта корабля «Союз-13».

## Новое «окно» в космос?

В лаборатории американского физика Джозефа Вебера в Мэрилендском университете установлено весьма любопытное сооружение: сплошной алюминиевый цилиндр диаметром около 1 м и длиной 1,5 м, масса которого составляет около 1,5 т. Цилиндр подвешен на тонкой металлической проволоке. Неспециалист, вероят-

но, немало удивится, узнав, что это необычное сооружение называется «телескопом»; ведь в нем нет ни линзы, ни зеркал. И вот с помощью такого цилиндра Вебер пытается принимать волны из Вселенной. Правда, это не световое и не радиоизлучение — Вебер стремится зарегистрировать гравитационные волны.

Возможность существования гравитационных волн вытекает из общей теории относительности Эйнштейна. Как известно, заряженная частица создает электрическое поле, которое обнаруживается в результате его воздействия на другие заряженные частицы. Масса также порождает поле, называемое гравитационным, действие которого проявляется в притяжении масс. При движении электрического заряда возникают электромагнитные волны, распространяющиеся в пространстве со скоростью света. Гравитационные волны так-

же, по-видимому, должны распространяться в пространстве со скоростью света. Правда, энергия гравитационного поля чрезвычайно мала: так, согласно расчетам Эйнштейна, железный стержень длиной 1 м и поперечным сечением  $1 \text{ см}^2$  (масса такого стержня составляет около 790 г), вращающийся вокруг оси, перпендикулярной его длине, со скоростью 20 оборот/с, обладает энергией около  $10^{-42}$  Вт·с. Примерно десятилетие назад специалисты считали нелепой даже саму мысль о возможности каким-либо путем доказать существование гравитационных волн. Однако позднее начали проводиться эксперименты в этой области. Одним из самых больших энтузиастов таких исследований являлся Вебер, сконструировавший свой необычный «телескоп».

Приведенный пример свидетельствует о том, что астрофизики усиленно ищут новые каналы для получения информации из глубин Вселенной.

В последние годы большое внимание уделяется экспериментам по регистрации нейтринного излучения, которое, как предполагается, должно существовать в космосе. Эти эксперименты были начаты в США и сейчас планируются или уже проводятся в Советском Союзе и ряде других стран.

Поскольку нейтрино очень слабо взаимодействуют с веществом, подобные эксперименты должны позволить глубже «проникать» в недра Солнца и других звезд; однако названная особенность нейтрино существенно затрудняет возможности их регистрации. Чтобы «уловить» на Земле испускаемые Солнцем нейтрино (их интенсивность составляет примерно  $10^{11}$  частиц/с на  $1 \text{ см}^2$  земной поверхности) необходимы чрезвычайно чувствительные детекторы. Специалисты связывают с развитием нейтринной астрономии большие надежды, полагая, что этот метод даст возможность получить некоторые данные о ряде пока еще не разгаданных процессов, происходящих во Вселенной.

Тем временем продолжает осуществляться широкая программа по изучению планет Солнечной системы, Земли и околоземного пространства с применением космической техники. В настоящее время космические «разведчики», созданные американскими исследователями, находятся на пути к самым удаленным планетам Солнечной системы.

Большие перспективы для исследования Земли, околоземного пространства, а также условий существования людей в состоянии длительной невесомости открыла советская орбитальная станция «Салют-6». Эта станция в комплексе с пилотируемыми космическими кораблями серии «Союз» и транспортными кораблями «Прогресс» стала настоящей космической лабораторией, где производятся разнообразные исследовательские работы.

Начиная с 1967 г. развивается сотрудничество социалистических стран по совместному изучению космоса в мирных целях — в рамках программы «Интеркосмос». В разработке и осуществлении этой многосторонней программы активно участвуют Болгария, ГДР, Куба, Монголия, Польша, Румыния, Советский Союз, Чехословакия и Венгрия; проводятся многочисленные эксперименты с использованием ракет и искусственных спутников. В июле 1976 г. Советский Союз выступил с предложением, чтобы наряду с советскими космонавтами в полетах на пилотируемых советских космических кораблях и работе на орбитальных станциях принимали участие и граждане стран-участниц программы «Интеркосмос».

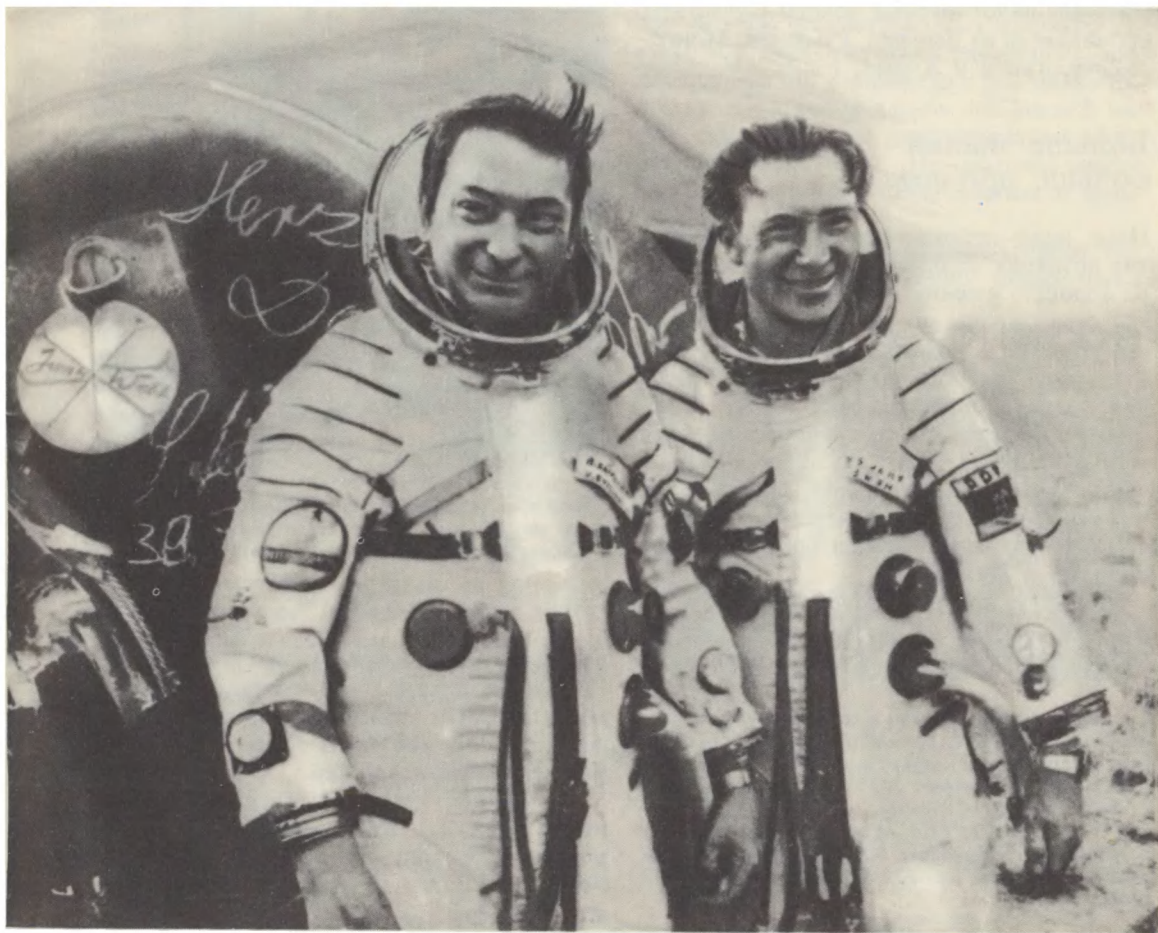
Этот новый этап в исследовании космоса был открыт 2 марта 1978 г. стартом космического корабля «Союз-28». На борту корабля находились летчик-космонавт СССР Алексей Губарев и космонавт-исследователь гражданин ЧССР Владимир Ремек. Днем позже произошла стыковка «Союза-27» со станцией «Салют-6».

27 июня 1978 г. стартовал второй международный экипаж в составе советского летчика-космонавта Петра Климука и польского космонавта-исследователя Мирослава Гермашевского, которые затем в течение недели работали на борту станции «Салют-6».

С 1967 г. ГДР также принимает активное участие в осуществлении программы «Интеркосмос». К 1978 г. она поставила более 100 различных бортовых приборов для проведения около 50 экспериментов в рамках указанной программы.

Кульминационным моментом участия ГДР в программе «Интеркосмос» явился полет космонавта-исследователя Зигмунда Йена совместно с известным советским летчиком-космонавтом Валерием Быковским на корабле «Союз-31», стартовавшем 26





Космонавт-исследователь Зигмунд Йен и командир корабля Валерий Быковский перед спускаемым аппаратом космического корабля «Союз-29» 3 сентября 1978 года.

августа 1978 г. Так, впервые в космосе оказался гражданин Германской Демократической Республики. Вместе с Быковским и работавшими тогда на борту станции «Салют-6» Владимиром Коваленком и Александром Иванченковым Йен участвовал в исследованиях, которые включали в целом 22 эксперимента, подготовленных совместно учеными СССР и ГДР. Эти эксперименты охватывали широкий круг вопросов, начиная с изучения поведения материалов в условиях невесомости и кончая опытами физиологического и психологического характера.

После успешного завершения программы исследований Йен и Быковский

3 сентября 1978 г. возвратились на Землю на космическом корабле «Союз-29», который приземлился с высокой точностью в запланированном районе на территории Советского Союза.

Вскоре после этого экипаж, работавший на борту станции «Салют-6», выполнил маневр, уникальный в истории космических полетов: была осуществлена перестыковка космического корабля «Союз-31» от стыковочного узла, расположенного на агрегатном отсеке станции, к стыковочному узлу на переходном отсеке. Эта операция имела своей целью обеспечить стыковку с орбитальной станцией очередного транспортного корабля «Прогресс».

С самого начала своей работы станция «Салют-6» продемонстрировала большое значение создания постоянно действующих крупных орбитальных станций. В последующие годы в рамках программы «Интеркосмос» планируются совместные кос-

мические пилотируемые полеты с участием космонавтов из Венгрии, Румынии, Монголии, Болгарии и Кубы<sup>1</sup>.

## Больше знаний – больше проблем

Итак, наше путешествие сквозь тысячелетия познания человеком окружающего мира подошло к концу. Хотя в своем рассказе мы ограничились лишь наиболее крупными этапами в развитии астрономии, нам открылась впечатляющая картина, которая, однако, представляет собой лишь фрагмент извечного противоборства человека и природы. Путь науки, являющейся лишь частью созидательной деятельности человека, как и путь человечества в целом, отмечен противоречиями и борьбой, поражениями и победами.

За долгую историю естествознания человек, казалось бы, не раз достигал буквально «границ познания», но всегда обнаружи-

<sup>1</sup> К настоящему времени в космических полетах вместе с советскими космонавтами приняли участия космонавты: гражданин НРБ Г. Иванов (КК «Союз-33», апрель 1979 г.), гражданин ВНР Б. Фаркаш (КК «Союз-36», май 1980 г.), гражданин СРВ Фам Туан (КК «Союз-37», июль 1980 г.) и гражданин республики Куба Арнальдо Тамayo Мендес (КК «Союз-38», сентябрь 1980 г.) — Прим. перев.

Эксперимент «Рост бактерий» подготовлен Институтом физической химии Академии наук ГДР в Лейпциге.



Эксперимент «Беролина» (из области материаловедения), проводившийся Быковским и Йеном, разработан в Институте космических исследований АН СССР.

валось, что это еще далеко не предел. И человек находил объяснения сложным, непостижимым явлениям, происходящим во Вселенной, исходя из объективных природных закономерностей.

Но каждое такое объяснение рождало новые вопросы; каждая с трудом добытая истина была лишь шагом на пути к постижению «абсолютной истины». И лишь такой бесконечный, диалектический, процесс может приблизить нас к знанию. В последние годы во Вселенной открыты такие явления, которые вообще трудно объяснить.

Техника дает нам все новые средства для более глубокого и детального исследования космоса: огромные телескопы на Земле, станции наблюдений на Луне и на околоземных орбитах, чувствительнейшие устройства для регистрации гравитационных волн и элементарных частиц — все это обещает грядущие успехи в изучении Вселенной.

В последние годы в астрономические исследования как неотъемлемая часть вошли электронные вычислительные машины. С одной стороны, они быстро и четко решают такие «классические» проблемы, как определение положений звезд, уточнение звездных каталогов, а с другой — оказывают неоценимую помощь при трудоемких расчетах различных моделей звезд, которые столь необходимы для на-

учного понимания звездной эволюции. Непрерывно увеличивающийся объем числовых астрономических данных и всевозрастающая роль теоретических исследований в изучении Вселенной говорят о том, что в будущем ЭВМ будут играть важную роль в астрофизике как эффективное вспомогательное средство.

Можем ли мы сейчас хотя бы приближенно предсказать, какие результаты ждут нас в будущем? Конечно, в ряде областей это вполне возможно. Так, наверное, еще в нашем столетии космические полеты позволят всесторонне исследовать различные объекты Солнечной системы; мощные телескопы помогут решить весьма актуальную проблему о скорости разбегания галактик и тем самым позволят ответить на фундаментальный вопрос о структуре и эволюции Вселенной. Но наука попросту не была бы наукой, если бы не могла предвидеть, какие еще загадки поставит перед нами природа и как будет выглядеть их решение. Когда молодой Макс Планк решил заняться физикой, его наставник, профес-

сор Жолли, посоветовал ему выбрать какую-либо иную научную дисциплину, ибо, как полагал он, в физике все уже давно открыто. В то время здание физической науки представлялось специалистам абсолютно законченным. Но именно такого состояния наука не может достичь в принципе.

Сам Планк, кстати, оказался среди тех, кто проложил совершенно новые пути в физике.

Без сомнения, в будущем процесс исследования Вселенной принесет еще немало новых открытий, которые помогут уточнить и углубить наши сегодняшние представления о мире и окажут огромное позитивное влияние на жизнь людей — конечно, при условии, если они будут обращены на службу миру и прогрессу человечества.

Исследование Вселенной тем самым явится трудной, но захватывающей проблемой для грядущих поколений, где остается еще достаточно широкий простор для деятельности новых открывателей неба.



---

# РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

---

1. АСТРОНОМИЯ. МЕТОДОЛОГИЯ. МИРОВОЗЗРЕНИЕ. СБ. СТАТЕЙ.—М.: НАУКА, 1979.
2. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ Б.А. ОЧЕРКИ О ВСЕЛЕННОЙ. 8-Е ИЗД.—М.: НАУКА, 1980.
3. ГУРШТЕЙН А.А. ИЗВЕЧНЫЕ ТАЙНЫ НЕБА.—М.: ПРОСВЕЩЕНИЕ, 1973.
4. ЖАРКОВ В.Н. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТ.—М.: НАУКА, 1978.
5. КОВАЛЬ А.Д., УСПЕНСКИЙ Г.Р. КОСМОС—ЧЕЛОВЕКУ.—М.: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1974.
6. КОЛЧИНСКИЙ И.Г., КОРСУНЬ А.А., РОДРИГЕС М.Г. АСТРОНОМЫ. БИОГРАФИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК.—КИЕВ: НАУКОВА ДУМКА, 1977.
7. КУЛИКОВСКИЙ П.Г. СПРАВОЧНИК ЛЮБИТЕЛЯ АСТРОНОМИИ. 4-Е ИЗД.—М.: НАУКА, 1971.
8. НАСЕЛЕННЫЙ КОСМОС. СБ. СТАТЕЙ.—М.: НАУКА, 1972.
9. НЕЙГЕБАУЕР О. ТОЧНЫЕ НАУКИ В ДРЕВНОСТИ.—М.: НАУКА, 1968.
10. ПАННЕКУК А.А. ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ.—М.: НАУКА, 1966.
11. СЕЛЕШНИКОВ С.И. АСТРОНОМИЯ И КОСМОНАВТИКА. ХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК.—КИЕВ: НАУКОВА ДУМКА, 1967.
12. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА. СБ. СТАТЕЙ.—М.: МИР, 1978.
13. СТРУВЕ О., ЗЕБЕРГС В. АСТРОНОМИЯ XX ВЕКА.—М.: МИР, 1968.
14. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОФИЗИКИ. БРОШЮРА.—М.: ЗНАНИЕ, 1980.
15. УИТНИ Ч. ОТКРЫТИЕ НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ.—М.: МИР, 1975.
16. УРСУЛ А.Д. ЧЕЛОВЕЧЕСТВО, ЗЕМЛЯ, ВСЕЛЕННАЯ.—М.: МЫСЛЬ, 1977.
17. ШАМА Д. СОВРЕМЕННАЯ КОСМОЛОГИЯ.—М.: МИР, 1973.
18. ШКЛОВСКИЙ И.С. ВСЕЛЕННАЯ, ЖИЗНЬ, РАЗУМ. 5-Е ИЗД.—М.: НАУКА, 1980.

---

# ПРЕДМЕТНО- ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

---

- Авиценна (Ибн Сина) 133  
Агеллини А. 53  
Адамс Дж. К. 101, 169  
Азимутальный квадрант 65  
Александр Македонский 39  
Алигли Дж. Б. 53  
Альмагест 40, 42, 57, 64  
Аль-Мамун 48  
Альфонс X 49, 53  
Амбарцумян В. А. 148, 185  
АМС серии «Зонд» 207  
    «Луна» 206, 209, 210  
Анаксагор 45  
Ангелус Й. 53  
Ангстрем А. Я. 110  
Андромеда 27, 28  
Апиан 52  
«Аполлон-10» 207, 208  
«Аполлон-11» 209  
Аполлоний Пергский 37  
Арат 30  
Аргеландер Ф. В. 117, 118, 120, 121, 125, 161  
Аристарх Самосский 42, 43, 45, 48  
Аристотель 32, 33, 36, 37, 44, 45, 50, 63, 64, 67, 79, 81, 93, 132  
Арктур 124  
Армилярная сфера 62, 89  
Армстронг Н. 208  
Арп 185  
Архимед 43, 48, 83  
Астероиды 98  
Астрология 15, 16, 130  
Астрономия  
    ИК-151  
        оптическая 173  
        радио- 173, 174  
        спутниковая 217  
Астрофизика 111, 114, 126, 129  
Ахроматизм 108, 194  
Ашурбанипал 12  
  
Бааде В. 147, 155  
Баллонная астрономия 203  
Барберини 79  
Белый карлик 141, 151, 153–156  
Берсон А. 199  
Бессель Ф. В. 94, 101, 105, 111, 153, 161  
Бете Х. А. 146  
Болин К. 169  
Больцман Л. 129  
Бонди Г. 190  
  
Бор Н. 128  
Борелли Дж. А. 84, 85  
Браге Т. 62, 63–71, 73, 75, 81, 95, 97, 116, 132  
Брадлей Дж. 100  
Браун В. фон 209  
Брехт Б. 63  
Бруно Дж. 33, 75, 76, 81  
Бувар А. 100  
Буйо И. 84  
Бунзен Р. В. 110, 111, 112, 114  
Быковский В. Ф. 220, 221  
Бэкон 74  
Бэлл Дж. 154  
  
Вавилон 13, 15, 16, 19, 20, 24, 25, 29, 33  
Вайцзекер К. Ф. 146  
Валье М. 203  
Васенко А. Б. 200  
Ваченроде Л. 53, 54  
Вебер Дж. 219  
Вебер Э. Г. 120  
Вебера–Фехнера закон 120, 161  
Венера 16, 20, 25, 36, 63, 70, 78, 85, 97, 102, 103, 116, 112, 213  
«Венера-3» 213  
«Венера-9» 213  
«Венера-10» 213  
Весеннего равноденствия точка 38  
«Викинг-1» 211  
«Викинг-2» 211, 212  
Вильгельм IV Гессенский 63, 67  
Вина закон 127  
Войцех из Брудцева 54  
Волков 153  
Вольф М. 166  
«Восток-1» 205  
  
Гагарин Ю. А. 205  
Галактики  
    голубые 182  
    сейфертовские 182, 184  
    N-класса 182, 184  
    маркарянские 182  
Галилей Г. 64, 75–79, 81, 83–85, 93, 159, 171, 176  
Галле И. Г. 101  
Галлей Э. 74, 91–93, 95, 97  
Ганимед 78  
Гардинг 98  
Гаррисон Дж. 104

Гаусс К. Ф. 97–99, 105, 188  
 Гевелий Я. 84–87, 194  
 Гегель Г. В. 107  
 Гейзенберг В. 128, 129  
 Гелиометр 161  
 Гелиоцентрическая система 43, 44, 45, 53, 57, 63  
 Гелический восход 12, 13, 14, 20  
 Гелический заход 14  
 Гельмгольц Г. 143  
 Гендерсон Т. 161  
 Геоцентрическая система 39, 42, 53  
 Гера 159  
 Геракл 159  
 Гераклит из Понтика 42, 43  
 Гераклит Эфесский 37  
 Геркулес 29, 30  
 Гермашевский М. 220  
 Гермес 159  
 Гея 131  
 Геродот 24  
 Герхард из Кремона 57  
 Герцшпрунг Э. 140, 144  
*Герцшпрунга – Рессела* диаграмма 145–149, 151–153  
 Гершель В. 100, 107, 109, 110, 136–139, 149, 159–164, 176, 180, 193  
 Гершель Дж. 110  
 Гесиод 9, 13  
 Гидра 15  
 Гизе Т. 59  
 Гилберт В. 74  
 Гиппарх 38, 39, 40, 42, 116  
 Гир де ля 86  
 Главная последовательность 145–149, 151, 152  
 Гленн Дж. 205  
 Год  
     «блуждающий» 13  
     лунный 21  
     лунно-солнечный 13, 21  
     тропический 21  
 Годдард Р. Н. 203  
 Голд Т. 155, 190  
 Гомоцентрические сферы 36, 37  
 Гравитационные волны 219, 222  
 Грегори К. К. Л. 142  
 Гриссом 207  
 Губарев А. А. 220  
 Гук Р. 85, 86, 92, 93  
 Гюйгенс Х. 93  
 Гюлленбург В. 176

Д'Аламбер Ж. 90  
 Д'Аррест Г. Л. 101  
 Деканы 19, 20  
 Декарт Р. 86, 87, 88, 90, 93, 134, 135  
 Деламбр Ж. 100, 136  
 Демокрит из Абдеры 33, 37, 45  
 Деферент 37, 38, 57  
 Диоген Лаэртский 24  
 Джинс Дж. 147, 171, 180  
 Дове Г. В. 111, 122  
 Доллонд Дж. 108, 194  
 Дольфус О. 200  
 Донати 98  
 Доплер К. 123  
 Доппельмайер 73  
 Дрейпер Й. 116, 125

Евдокс 33, 35, 36, 67  
 Евклид 37  
 Европа 76  
 Египетское царство  
     Древнее 12  
     Новое 11  
     Среднее 10

Звезда  
     Алголь 117, 124, 132  
     Арктур 124  
     Колос 29  
     Мира 117  
     Полярная 67  
     Сириус 12, 13, 123, 124, 153, 154, 160, 169  
 Звездная величина 161  
     статистика 161, 164  
 Звездные облака 167, 169  
 Звездные скопления  
     открытые 163  
     шаровые 164, 167  
 Зевс 27  
 Земля 23, 36, 41, 42, 43, 45, 47, 50, 53, 55, 58, 60, 61, 67, 72, 85, 90–93, 95, 99, 103, 105, 132, 135, 143, 156, 171, 204, 206, 213  
 Зоммерфельд А. 128, 129  
 Зюринг Р. 199  
 Жолли 223

Иванов Г. 222  
 Иванченков А. С. 221  
 Излучение  
     ИК-107, 109, 151, 215  
     космическое 197  
     нейтринное 220  
     остаточное 190  
     рентгеновское 156, 157, 198, 217, 218  
     УФ- 107, 156, 197, 217, 218  
 Ио 78  
 ИСЗ серии «Космос» 205  
 ИСЛ серии «Лунар Орбитер» 207

Йен 3. 221

КА серии «Пионер» 213  
     «Рейнджер» 207  
 Календарь  
     ацтеков 26  
     Юлианский 56  
 Каликст III 95  
 Калипп 36  
 Каллимах 24  
 Каллисто 78  
 Кальганьини Ц. 53  
 Кант И. 94, 131, 133–139, 141, 162  
*Канта – Лапласа* гипотеза 136  
 Каптейн Я. К. 161, 162  
 Карл II 102  
 Кассини Дж. Д. 86



- Кассини Т. 79  
 Кассиопея 27, 28, 63, 116  
 Квазары 183, 184, 190  
 Квантовая теория 129  
 Кельвин (см. Томсон)  
 Кеплер И. 27, 35, 64, 69–76, 81–84, 90–94, 132, 206  
 Кеплера законы 84, 120, 161  
 Кертис Г. 169  
 Кефей (см. Цефей)  
 Кирхгоф Г. Р. 110, 112, 114, 127  
 КК серии «Союз» 219–222  
 Кларк А. 154  
 Клемент VII 56  
 Клеро А. К. 91  
 Климук П. И. 220  
 Клинопись 15  
 Кобольд Г. 163  
 Коваленок В. В. 221  
 Козимо П. Флорентийский 78  
 Кольхерстер 199  
 Кометы 63, 64, 84, 95, 97, 98, 132, 136  
 Конт О. 111  
 Коперник Н. 41, 47, 51, 53–61, 67, 69, 70, 73–76, 79, 81, 83, 93, 102, 131  
 Королев С. П. 205  
 Космология 50, 186  
 Космический телескоп 215  
 Крабовидная туманность 155, 156, 189  
 Красное Пятно 213  
 Красное смещение 156, 183, 184, 185  
 Кук Дж. 102  
 Кэннон Э. 114
- Лагранж Ж. Л. 94, 136  
 Лайел Ч. 135  
 Лайка 204  
 Ландау Л. Д. 153  
 Лаплас П. С. 88, 94, 136  
 Лаухен (см. Ретик)  
 Леверье У. Ж. Ж. 101  
 Левкипп из Абдеры 33  
 Лейн Дж. Г. 141, 142  
 Лемонье П. К. 100  
 Ленард Ф. 128  
 Леонардо да Винчи 51  
 Ливитт Г. С. 164  
 Линденау 105  
 Литфут Дж. 132  
 Лихтенберг Г. К. 47, 135, 138  
 Лобачевский Н. И. 188  
 Локьер Дж. Н. 17  
 Лукреций Кар 33  
 «Луна-1» 206  
 «Луна-2» 206  
 «Луна-3» 206  
 «Луна-16» 209  
 «Луна-17» 209, 210  
 «Луна-20» 209  
 «Луна-24» 209  
 Лунное затмение 18, 23, 38  
 Лунный узел 17  
 Лунные кратеры  
     Автолик 206  
     Аристилл 206  
     Архимед 206  
     Лобачевский 207
- Ломоносов 207  
 Жюлио Кюри 207  
 Складовская-Кюри 207  
 Циолковский 207
- Лунные Моря  
     Дождей 210  
     Москвы 207  
     Спокойствия 208  
 «Луноход-1» 210, 211  
 «Луноход-2» 210  
 Лютер М. 60, 61  
 Лю Цзин 30
- Майер Т. 100, 104, 176  
 Майер Ю. 88  
 Максвелл Дж. К. 172  
 Малое Магелланово Облако 164  
 «Маринер-4» 211  
 «Маринер-10» 212  
 Мариус С. 170  
 Маркарян Б. Е. 182  
 Марс 16, 25, 36, 70, 71, 85, 118, 198, 211, 212, 213  
 Мах Э. 123, 129  
 Медицейские звезды 78  
 Медичи К. 78  
 Межзвездная материя 78, 166, 167  
     пыль 166, 167  
 Межзвездный газ 154, 167  
 Меланхтон Ф. 59, 61  
 Менделеев Д. И. 199  
 Мендес А. Т. 222  
 Меркурий 25, 36, 57, 58, 70, 78  
 Мессье Ш. 136  
 Мессье каталог 136  
 Местлин 69  
 Местное время 104  
 Микрометеорит 210  
 Минковский Р. 155  
 Млечный Путь 78, 147, 149, 159, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 171, 173, 177  
 Модель звезды 143, 153  
 Монгольфье 198, 199  
 Монтанари 117, 124  
 Мур А. 114, 115, 140  
 Мюллер И. (см. Региомонтан)
- Надину 23  
 НАСА 209  
 Небесный экватор 22  
 Нейтронная звезда 153, 155, 156  
 Нептун 101  
 Николай Кузанский 33, 49, 50, 51, 74  
 Новаро Д. 54  
 Новая звезда  
     Кеплера 132  
     Тихо 63, 116, 117, 132  
 Ньютон И. 69, 86, 87, 90–95, 99, 102, 131–133, 136
- Оберт Г. 203  
 Обри Дж. 18  
 Обсерватория  
     Берлинская 101, 126

- Боннская 121, 161  
 Боткамская 122  
 Бюраканская 182, 185  
 Гарвардская 114, 115, 121, 125  
 Гершеля Дж. им. 137  
 Гринвичская 100, 105  
 Джодрелл Бэнк 172  
 Кембриджского университета 142  
 Кит Пит 155  
 Лондонского университета 142  
 Марагинская 49  
 Маунт-Вилсон 122, 123, 169, 179  
 Маунт-Паломар 185, 194, 197  
 Московская 116  
 Нюрнбергская 90  
 Оксфордского университета 142  
 Потсдамская 111, 123, 124, 125, 127  
 Пулковская 126, 128  
 Олдрин Э. 208  
 Ольберс Г. В. 98, 105, 139  
 Оорт Я. Х. 174, 177  
 Оппенгеймер 153  
 Определение долгот 103, 104  
 Орбитальная астрономическая обсерватория (ОАО) 217, 218  
 Орбитальная станция «Салют» 212  
 «Орел» 208  
 «Орион-2» 219  
 Оссиандер А. 59  
 Оствальд В. 129  
 Отношение масса – светимость 145–146  
 период – яркость 164
- Параллакс 64  
 Пален Э. ван 176  
 Палич И. Г. 95  
 Паллада 98  
 Переменные звезды 163, 164, 167, 170  
 Период Цолкин 31  
 Персей 27, 28  
 Петрайус И. 59  
 Пиации Дж. 97, 98  
 Пикар Ж. 86  
 Пикар О. 199  
 Пикеринг Э. Ч. 114, 121, 125  
 Пифагор 17, 42, 59  
 Планк М. 126, 127, 223  
 Планка постоянная 127, 128  
 Пласскет Х. Х. 142  
 Платон 33, 34, 35, 36  
 Плеяды 9, 14  
 Плиний 39  
 Погсон Н. Р. 120  
 «Подлунный мир» 45, 64, 132  
 Пойзер 67  
 Посейдон 27  
 Пояс Зодиака 22, 29, 35  
 Преломление света 108  
 Прецессия 38  
 Программа  
 «Аполлон» 207  
 «Интеркосмос» 220  
 Процион 124  
 Птолемей 25, 37, 38–45, 48–50, 54, 57–60, 64, 67, 73, 79, 81, 93  
 Пуанкаре А. 129  
 Пульсар 155, 156  
 Пурбах Г. 49, 53, 57
- Радиоактивность 144, 199  
 Радиогалактика 182  
 Радиointерферометр 182  
 «Радиоокно» 197, 198  
 Радиус-вектор 71  
 Разбегание галактик 181  
 Разрешающая способность 160, 198  
 Райт Т. 159  
 Ракета «Атлас – Центавр» 217, 218  
 Рамсен Дж. 97  
 Рессел Г. Н. 141, 143, 146  
 Ребер Г. 173  
 Региомонтан 49, 57, 89, 115  
 Резерфорд Э. 128  
 «Рейнджер-7» 207  
 Рейнгольд Э. 59, 61  
 Ремек В. 220  
 Ремер О. 86  
 Ретик 59, 60  
 Ригель 124  
 Риман Б. 188  
 Риттер И. В. 107  
 Ричи Дж. 168  
 Риччиоли 74  
 Ролль Г. 100  
 Ротман 67  
 Рудольф II 71, 72, 81, 82  
 Рэлей (Стретт Дж. У.) 127
- Салм 48  
 «Салют-6» 220, 221  
 Сарсеновое кольцо 18  
 Сатурн 25, 36, 70, 84, 85, 86  
 Саха М. 129  
 Сверхновые 132, 155  
 Секки А. 115  
 Секстант 68  
 Селенография 87  
 Серия Бальмера 183  
 Сингулярность 188, 189  
 Система двойных звезд 152  
 «Скайлэб» 205  
 Слайфер В. М. 175, 180  
 Собственное движение звезд 176  
 Созвездие  
 Большой Медведицы 24, 29, 30, 74  
 Большого Пса 12, 30, 123, 169  
 Быка 30  
 Весов 22, 29  
 Водолея 30  
 Возничего 30  
 Волка 30  
 Геркулеса 30, 147, 176  
 Гидры 15  
 Гончих Псов 163, 185  
 Девы 22, 38, 124  
 Дракона 30  
 Змееносца 30  
 Кита 117  
 Козерога 22, 29  
 Лебедя 160, 165, 166, 182  
 Лиры 163  
 Льва 15  
 Персея 124, 132  
 Рыб 29  
 Семи Быков 28, 29  
 Скорпиона 22, 29, 30

- Стрельца 22, 30, 163, 167, 177  
 Тельца 22, 155  
 Треугольника 175  
 Центавра 30  
 Цефея 28, 163  
 Шита 167  
 Сократ 33, 34  
 Солнечная система 39, 94, 97, 99, 136, 171, 211  
 Солнечный ветер 151, 152  
 Солнце 12, 20, 22, 29, 34, 36, 38, 39, 40, 43, 55, 57, 58, 67, 69, 70, 78, 79, 85, 91, 95, 97, 98, 99, 102, 110, 111, 120, 121, 122, 124, 131, 142, 143, 144, 147, 148, 152, 153, 156, 162, 176, 200, 204, 215, 220  
 Солнцестояние  
   зимнее 14, 17, 18  
   летнее 14, 17, 18  
 Сотис (см. Сириус)  
 «Союз-13» 219  
 «Союз-27» 220  
 «Союз-28» 220  
 «Союз-29» 221  
 «Союз-31» 220  
 Спектр Солнца 107, 112, 114  
 Спектральная классификация 114, 115  
 Спектральный анализ 114  
 Спектральные классы 114, 115, 126, 141, 173  
 Спектроскопия 141  
 Спика (см. Колос) 38, 124  
 Спиральная структура 173  
   туманность 180  
 «Спутник-1» 201  
 «Спутник-2» 201, 217  
 Стокс Дж. Г. 110  
 Стоунхендж 16, 17  
 Струве В. Я. 161  
 Стьюкли 91
- Таблицы  
 «Альфонсовы» 49, 50, 54, 61, 71  
 Прусские 50, 61  
 «Рудольфовы» 50, 71, 82, 83  
 Теория относительности  
   общая 188  
   специальная 144  
 ТК серии «Прогресс» 220, 221  
 Томе Дж. 121  
 Томсон В. (Кельвин) 110, 143  
 Торе де ла 53  
 Триквертум 55  
 Туманность Андромеды 136, 158, 163, 169, 175, 177  
   Ориона 136, 137, 149, 150, 151  
   «Северная Америка» 165, 166  
   Треугольника 175, 177
- Уайт 207  
 Узел лунной орбиты 23  
 Уран 27, 94, 99, 100, 102, 131  
 Ураниборг 63, 64, 65, 66  
 Урбан III 79  
 Усыскин И. Д. 200
- Фалес из Милета 24  
 Фам Туан 222  
 Фаркаш Б. 222  
 Фаулер А. 142  
 Федосеенко П. Ф. 200  
 Фехнер Г. Т. 120  
 Фёрстер В. 122, 123  
 Филолай 42, 43  
 Фичино М. 53  
 Флемминг 101  
 Флемстид Дж. 100  
 Фогель Г. К. 115, 122, 123, 124  
 Фогт 143, 146  
 Фотография 126, 156, 166, 179, 200, 215, 218  
 Фотометр 117, 118, 119  
 Фотометрия 117, 118  
 Фракасторо Дж. 53  
 Фраунгофер Й. 108, 109, 110, 161
- Фраунгоферовы линии 108, 109  
 Фрейндлих Э. 176  
 Фридман А. А. 188  
 Фридрих II 63, 64, 65  
 Фуко Л. 95
- Хаббл Э. П. 169, 170, 171, 179, 188  
*Хаббла* постоянная 181, 188, 190  
 Хаммурапи 11, 19, 20  
 Хёггинс У. 123  
 Хесс 199  
 Хойл Ф. 190  
 Хоккинс Дж. С. 17  
 Хоммель 67  
 Хофф К. Э. 135  
 Хьюиш Э. 154  
 Хьюмасон 181, 188  
 Хэйл Дж. Э. 168, 169  
 Хюлст ван де 174
- Цах Ф. К. фон 97, 98, 104, 105  
 Цвикки 153  
 Цёльнер К. Ф. 111, 115, 118, 119, 120, 122, 123  
 139, 140  
 Центавр 30  
 Цефей 27, 28  
 Цикл Сароса 22  
 Циолковский К. Э. 200, 201, 202
- Чандрасекар С. 151, 153  
 Чаффи 207  
 Чедвик Дж. 153  
 Черная дыра 153, 156  
 Черное тело 127  
 Чэллис Дж. 101



Шейнер Ю. 125  
Шварцшильд К. 140, 142, 156, 162, 200  
*Шварцшильда* радиус 156  
Шварцшильд М. 200  
Шель К. В. 107  
Шепард А. Б. 107, 205  
Шепли Х. 163, 164  
Шёнфельд 121  
Шкловский И. С. 174

Эддингтон А. С. 142, 143, 145  
Эдисон Т. А. 173, 207  
Эйлер Л. 99, 104, 136  
Эйнштейн А. 71, 92, 93, 126, 144, 159, 188, 220  
Эклиптика 17, 20, 22, 23, 36, 39  
«Эксплорер-1» 204  
Экфанта 42  
Эмден Р. 142  
Энке 101  
«Энума, Ану, Энлил» 12, 21, 22  
Эпицикл 40, 41  
Эфемериды 97, 105

Юнона 98  
Юпитер 15, 25, 36, 70, 78, 84, 116, 169, 213

Якоби К. Г. Я. 101  
Ян из Глогова 54  
Янский К. 173

---

# СОДЕРЖАНИЕ

---

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ПЕРЕВОДУ      | 5   |
| ЗВЕЗДЫ НАД ВАВИЛОНОМ                 | 9   |
| КНИГА С КАРТИНКАМИ И СИСТЕМА КОЛЕС   | 27  |
| В ЦЕНТРЕ ГОСПОДСТВУЕТ СОЛНЦЕ         | 47  |
| ОТ ГАРМОНИИ МИРА К ВСЕМИРНОМУ ЗАКОНУ | 63  |
| ФИЗИКА НЕБА                          | 107 |
| РОЖДЕНИЕ И СМЕРТЬ ЗВЕЗД              | 131 |
| В МИРЕ ГАЛАКТИК                      | 159 |
| НОВЫЙ КОЛУМБ                         | 193 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА             | 224 |
| ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ          | 225 |

---

*Д. ХЕРРМАН «ОТКРЫВАТЕЛИ НЕБА»*

Научный редактор А. Н. Кондрашова  
Мл. научн. ред. М. А. Харузина  
Художник В. М. Конюхов  
Художественный редактор Л. Е. Безрученков  
Технический редактор В. П. Сизова  
Корректор С. А. Денисова.

ИБ № 2381

Сдано в набор 05.05.80.  
Подписано к печати 18.11.80.  
Формат 70 × 100<sup>1/16</sup>.  
Бумага офсетная № 1.  
Гарнитура таймс. Печать офсетная.  
Объем 7,25 бум. л. Усл. печ. л. 18,85.  
Уч.-изд. л. 22,70. Изд. № 12'0922  
Тираж 50.000 экз. Зак. 394. Цена 2 р. 40 к.

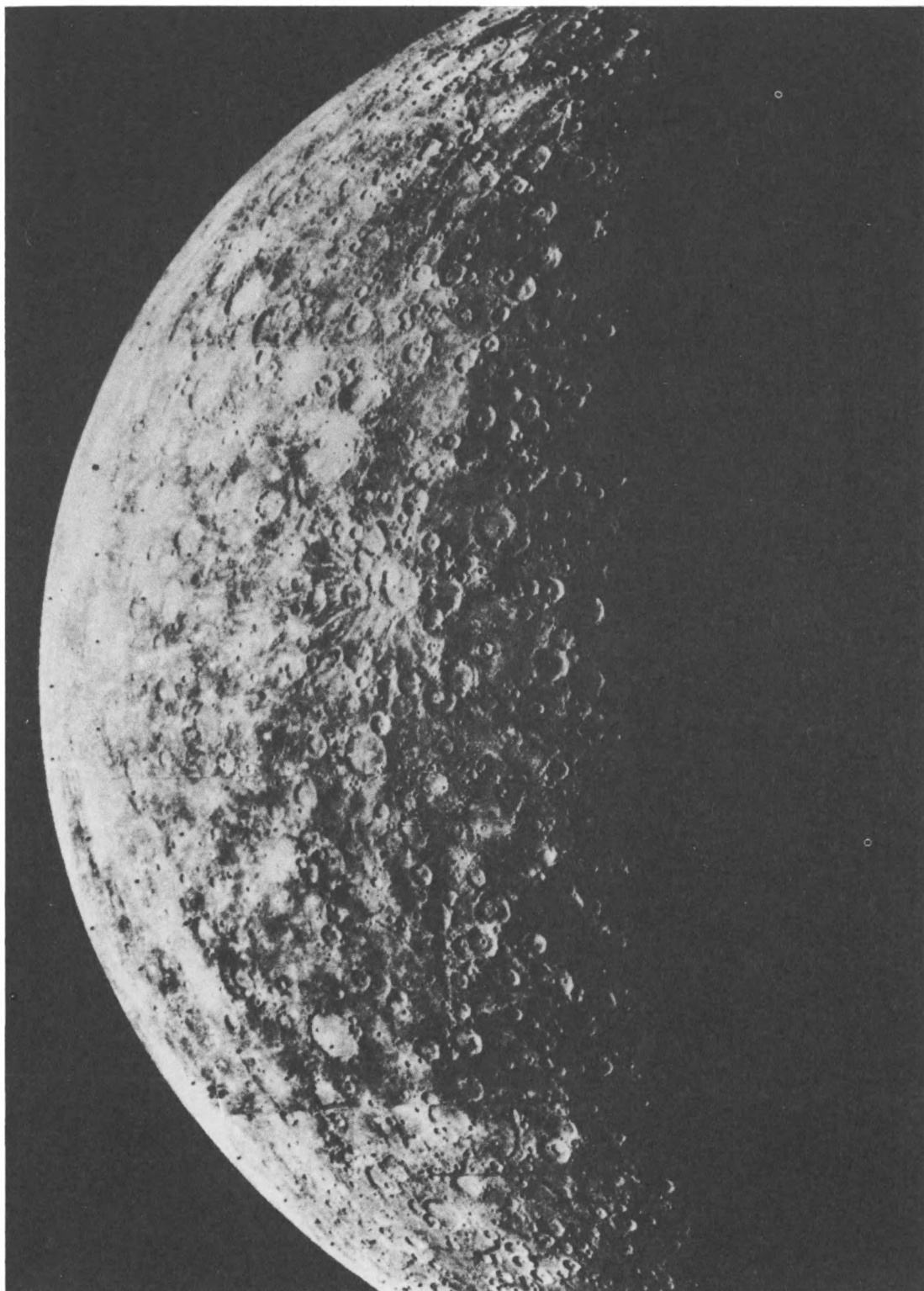
ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

Москва, I-й Рижский пер., 2.

Можайский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете СССР по делам издательств,  
полиграфии и книжной торговли.  
г. Можайск, ул. Мира, 93.

---





«Луноподобный» участок поверхности Меркурия: видны кольцевые горы и кратеры.







*Пути, которыми люди проникают  
в суть небесных явлений,  
представляются мне почти  
столь же удивительными,  
как и сами эти явления.*

*Иоганн Кеплер*

