

521075.32)
491

Серия «Среднее профессиональное образование»

М. А. Кунаш

АСТРОНОМИЯ

ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

Рекомендовано
Научно-методическим советом
Междунраодного научного общественного объединения «МАИТ»
для использования в качестве учебного пособия для подготовки
по предметам общеобразовательного цикла
в учреждениях среднего образования
(рецензия № РЭЗ 18-08 от 20.06.2018 г.)



Ростов-на-Дону
«Феникс»
2019

ГЛАВА 1. ПРЕДМЕТ АСТРОНОМИИ

§ 1. Предмет астрономии. Особенности астрономии как науки

Две вещи наполняют душу всегда новым и все более сильным удивлением и благоговением, чем чаще и продолжительнее мы размышляем о них, — это звездное небо надо мной и моральный закон во мне.

И. Кант

1.1. Роль астрономии в развитии цивилизации

Ежедневно мы наблюдаем астрономические явления — восход и заход Солнца, сияние звезд на небосводе, постепенный рост диска Луны и его убывание. **Астрономия** (от греческих слов «звезда» и «закон») — поистине великая наука, изучающая движение небесных тел и систем тел, их природу, происхождение и развитие.

Из курса истории известно, насколько важную роль играли знания о некоторых астрономических явлениях в практической жизни людей древности. Появление на небосводе Древнего Египта ярчайшей звезды Сотис (Сириус) предвещало разлив Нила, определяя тем самым время посева и сбора урожая. Потребности в расширении торговли, в том числе морской, определяли необходимость поиска путей, навигации. Например, финикийцы, одни из самых искусных мореплавателей, ориентировались по звезде, которую греки так и называли — Финикийская звезда. А мы ее знаем как Полярную звезду. Веками звезды служили людям единственным средством ориентирования на местности, определения времени.

Не только экономические и хозяйствственные **потребности** определяли наблюдения небесных тел древними. Человек стремился объяснить мир вокруг, его возникновение не-противоречно и логично с позиции мышления древнего человека. Такое мышление названо мифологическим. В его основе — система взглядов на объективный мир и место в нем человека. Мифологическое мышление базируется не на теоретических доказательствах и рассуждениях, а на художественно-эмоциональном переживании мира, иллюзиях, вызванных восприятием людьми социальных и природных процессов и своей роли в них. Пифагорейцы первыми высказали идею о том, что Земля — шар. Но основанием для этого вывода являлось представление о сфере как идеальной геометрической фигуре, ведь боги могли сотворить только идеальное.

1.2. Эволюция взглядов человека на Вселенную. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы

Вместе с тем в процессе наблюдений светил накапливались данные об особенностях их движения. Первые таблицы, в которых приводились положения светил, были составлены еще Гиппархом (II в. до н. э.). Астрономы Древнего Китая аккуратно фиксировали вспышки новых звезд и появление ярких комет. Сохранились древние обсерватории Индии, Междуречья, Египта. Во многих философских трудах древних мыслителей ставился вопрос о природе и строении мира. Наиболее важным этапом явились труды греческого философа Аристотеля (IV в. до н. э.), обобщившего и с опорой на логику научного доказательства представившего описание **геоцентрической картины мира**. Аристотель признавал шарообразность Земли, высказал верные суждения о причинах лунных затмений. Саму же Землю мыслитель рассматривал как неподвижную. И доказательством этого суждения являлась неподвижность звезд. Конечно, обнаружение смещения звезд лишь на ос-

нове наблюдения невооруженным глазом невозможно, что и порождало выводы мыслителя, согласно которым Земля располагалась неподвижно в центре мироздания.

Вторым этапом в развитии геоцентрической системы мира явился труд Клавдия Птолемея (90–160 гг.) «Альмагест», в которомalexандрийский ученый дополнил ее математическими разработками. Вокруг неподвижной Земли (рис. 1.1) он расположил Луну и Солнце, а также пять «блуждающих звезд» (планеты Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн), которые двигались равномерно по круговым орбитам (эпиклям). Накопленные данные наблюдений не согласовывались с подобными орбитами. Например, некоторые светила совершали петлеобразное движение. Для их объяснения вводились

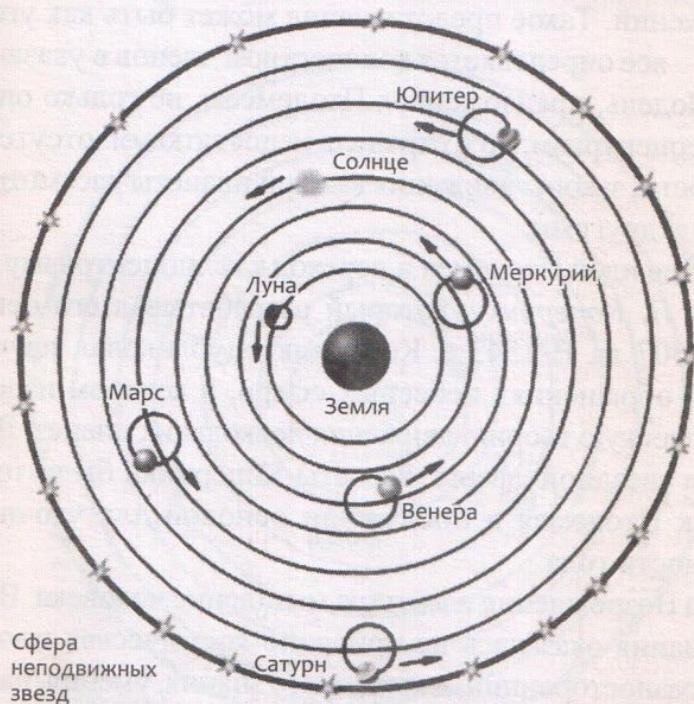


Рис. 1.1. Система мира Птолемея

деференты — окружности, по которым двигались центры эпициклов. Земля при этом продолжала покоиться в общем центре. В процессе согласования теории Птолемея с данными наблюдений вводились дополнительные эпициклы, что делало теорию громоздкой. В системе Птолемея центры эпициклов Меркурия и Венеры лежат на прямой, соединяющей Землю и Солнце. Это позволяло согласовать реальное движение планет с геоцентрическим движением. В целом теория хорошо согласовывалась с наблюдениями, позволяла предсказывать видимые положения планет и просуществовала 14 веков. Секрет этой устойчивости — в «изобретении» Птолемеем гармонического анализа за полтора тысячелетия до его изложения математиком Фурье: любое сложное движение в природе можно разложить на сумму круговых и равномерных движений. Такое представление может быть как угодно точным — все определяется количеством членов в указанной сумме. Модель, предложенная Птолемеем, не только опиралась на геоцентризм, но и страдала недостатками: отсутствие системности; законы движения каждой планеты рассмотрены без связи с другими.

Развитие идей Птолемея и переход к гелиоцентризму принадлежат Н. Копернику, который разрабатывал его основы в 1505–1507 гг. В 1543 г. Коперник опубликовал научный труд «Об обращениях небесных сфер», в котором изложил математическую теорию движения нескольких планет, Луны, Солнца и звездной сферы. Расчеты Коперника были точнее выкладок Птолемея и послужили основой для уточнения длительности года.

Эпоха Возрождения изменила мышление человека. В центре внимания оказалась не природно-космическая жизнь, а человек разносторонний, для которого знания, умения, навыки являются самоцелью. Человек воспринимался как творец себя и всей Природы. К этому времени значительно возрос объем наблюдений. «Новые астрономические таблицы», созданные

в обсерватории Улугбека, содержали каталог из 1018 звезд. *Тихо Браге* составил новые солнечные и планетные таблицы, а его звездный каталог хоть и уступал по числу звезд «Новым астрономическим таблицам», но превосходил существовавшие по точности. В этих условиях польский ученый Николай Коперник в своем труде «О вращении небесных сфер» поместил в центр своей системы Солнце, а Земля заняла почетную третью от него орбиту (рис. 1.2).

Гелиоцентрическая система легко объяснила петлеобразное движение планет тем, что мы наблюдаем движение (рис. 1.3) этих планет, двигаясь при этом вместе с Землей вокруг Солнца. Для Меркурия и Венеры получили объяснение фиксированные угловые расстояния, на которые они могли отдаляться от Солнца для земного наблюдателя. Преимуще-

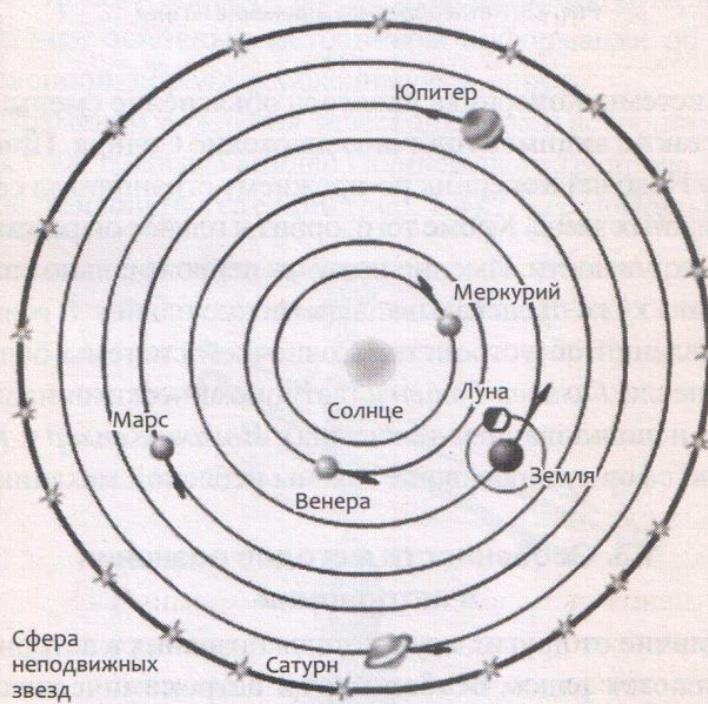


Рис. 1.2. Гелиоцентрическая система Коперника

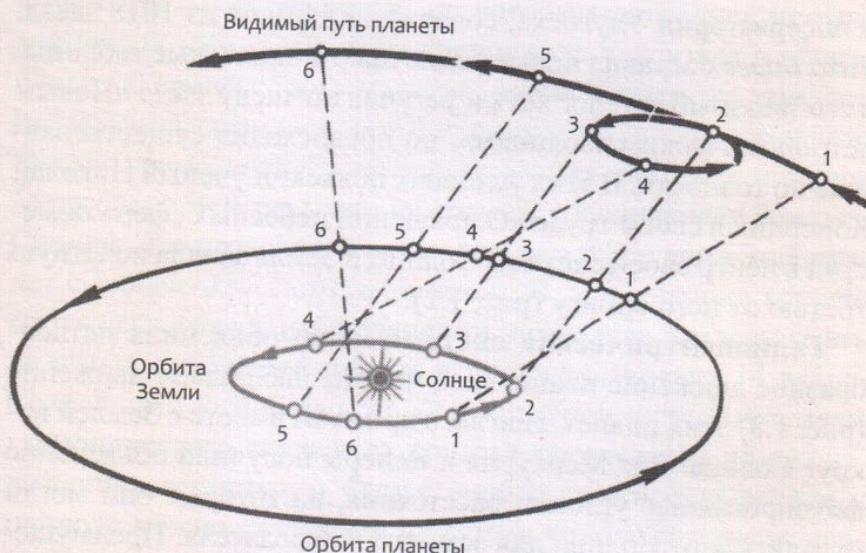


Рис. 1.3. Петлеобразное движение планет

ством системы Коперника являлось объяснение смены дня и ночи, а также видимое годичное движение Солнца. При этом систему Николай Коперник по-прежнему ограничивал сферой неподвижных звезд. Кроме того, орбиты планет он рассматривал как окружности. Именно поэтому первоначально система Коперника хуже предсказывала движение планет. В развитие представлений об устройстве Солнечной системы большой вклад внесли Галилео Галилей (астрономическими наблюдениями с использованием телескопа), Иоганн Кеплер и Исаак Ньютон, сформулировавшие законы небесной механики.

1.3. Особенности методов познания в астрономии

В отличие от других наук методы познания в астрономии определяются рядом **особенностей** астрономических объектов и процессов. Значительная **удаленность** большинства из них не позволяет проводить наблюдения невооруженным

глазом. Лишь Луну и Солнце человек может наблюдать как диски. Все остальные светила выглядят для нас как светящиеся точки, а иногда и вовсе не фиксируются глазом или сливаются друг с другом, поскольку человек с нормальным зрением способен различать детали размером всего лишь 2–3 угловые минуты.

Другой особенностью является **продолжительность** процессов, протекающих во Вселенной, которая определяется промежутками времени, значительно превосходящими не только время существования цивилизации на Земле, но и самой Земли.

1.4. Телескопы

Появление **телескопов** позволило астрономии начать свое стремительное развитие, а наблюдения, которые и ранее являлись основным источником информации об объектах Вселенной, обрели необходимую точность.

Временем рождения телескопической астрономии считается 1609 г., когда Галилео Галилей сконструировал первый в мире **линзовый телескоп** (рис. 1.4). С его помощью ученый

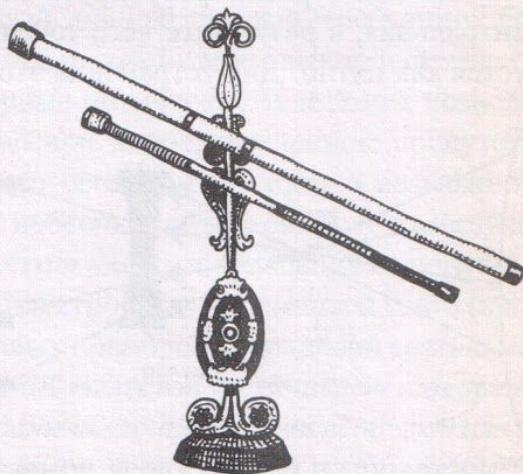


Рис. 1.4. Телескоп Галилея

впервые обнаружил лунные горы и моря, пятна на Солнце. Юпитер предстал светящимся диском, вокруг которого вращались четыре спутника, а у Венеры наблюдались фазы, подобные фазам Луны. В телескопе в качестве **объектива** использовалась собирающая линза, а в качестве окуляра — рассеивающая (рис. 1.5).

Такие телескопы называют **рефракторами**. Изображение, даваемое телескопом, — прямое. Стекло линзы преломляет коротковолновый свет сильнее, чем длинноволновый, возникает несколько фокусов линзы, а изображение получается расплывчатым и окрашивается. Такое явление называется **хроматической аберрацией**. Спустя несколько десятилетий Исаак Ньюton изобрел первый в мире **зеркальный телескоп**, который не имел этих особенностей. В телескопе окуляром оставалась рассеивающая линза, но в качестве объектива использовалось **вогнутое зеркало** (рис. 1.6). Вспомогательное плоское зеркало отклоняло лучи в сторону к окуляру.

Общим недостатком первых простейших оптических телескопов считалась сферическая аберрация: краевая зона сферической линзы или зеркала фокусирует свет ближе к линзе, чем центральная, в результате чего точечный источник проецируется как пятно. Для устранения этого эффекта

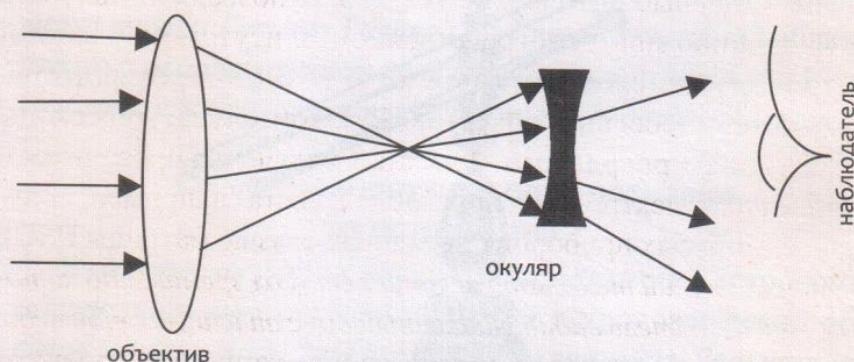


Рис. 1.5. Схема телескопа-рефрактора

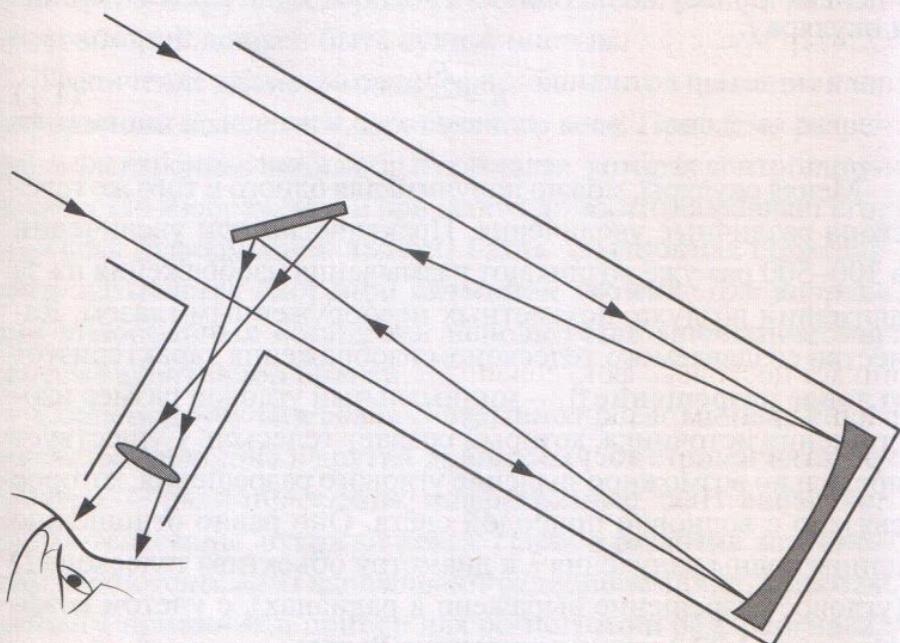


Рис. 1.6. Схема телескопа-рефлектора Ньютона

зеркала современных рефлекторов имеют параболоидальную форму. В астрофизических исследованиях чаще применяют рефлекторы. А для наблюдений, требующих большого поля зрения, стоят зеркально-линзовые телескопы.

Если первые оптические телескопы позволяли получать информацию при непосредственном присутствии ученого-астронома, то сегодня речь идет о возможности фотографирования небесных объектов. В таком случае телескопы называют **астрографами**. Фиксация излучения проводится и с помощью электронных приемников света (например, полупроводниковых приборов с зарядовой связью матрицы ПЗС).

Оптический телескоп увеличивает угол зрения, под которым наблюдатель видит удаленный объект или участок неба. Рассматриваемое через окуляр изображение, построенное объективом, наблюдатель видит увеличенным. Увеличе-

ние n равно отношению фокусных расстояний объектива F и окуляра f :

$$n = \frac{F}{f}. \quad (1.1)$$

Меняя окуляры, можно получить для одного и того же телескопа различные увеличения. Практически при увеличении в 300–500 раз уже возникают размывания изображения из-за движений воздуха, незаметных невооруженным глазом. Качество создаваемого телескопом изображения характеризует **угловое разрешение** β — минимальный угловой размер изображения источника, который создает телескоп. Существует предельно возможное значение углового разрешения, которое связано с волновой природой света. Оно равно отношению длины волны излучения λ к диаметру объектива телескопа D (угловое разрешение выражено в радианах), с учетом коэффициента 1,22 согласно критерию Рэлея:

$$\beta = 1,22 \frac{\lambda}{D}. \quad (1.2)$$

Теоретическое значение углового разрешения не достигается из-за несовершенства оптики, а также под влиянием атмосферных помех. Современные оптические телескопы являются высокоточными измерительными инструментами, которые оснащены электронным оборудованием для управления их работой, регистрации и анализа поступающего излучения. Крупнейший телескоп в Евразии (БТА — «большой телескоп азимутальный») с диаметром зеркала 6 метров установлен на Северном Кавказе. Он входит в состав Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

Телескопы — чувствительные к перепадам температуры, вибрации инструменты. Их помещают в специальное здание — астрономическую башню обсерватории. Обсерватории часто располагают в районах гор, удаляясь от плотных слоев

атмосферы и крупных городов и мегаполисов. Воздух вблизи обсерваторий должен быть сухим, чистым.

Увеличение диаметра оптических элементов приводит к их деформации вследствие собственного веса. Проблему разрешила электронная линия обратной связи, которая контролирует качество изображения и при необходимости исправляет его, управляя деформацией зеркал. Такая электронная обратная связь называется **системой активной оптики**. Для коррекции атмосферных искажений используется автоматическая система адаптивной оптики.

Современную телескопию называют всеволновой. Телескопы, работающие в других диапазонах электромагнитного спектра — радиотелескопы, инфракрасные, рентгеновские, гамма-телескопы, открыли новые грани в развитии астрономии. Радиотелескопы напоминают радиоприемники, включая антенну, приемник и прибор для регистрации радиосигнала, который преобразуется в электрический сигнал (рис. 1.7). Для увеличения их возможностей радиотелескопы объединяют в систему, которую называют «радиоинтерферометр».

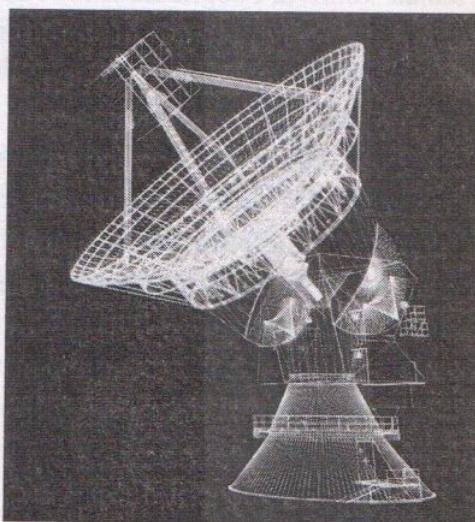


Рис. 1.7. Радиотелескоп

интерферометр — это две и более антенны, разнесенные на большое расстояние и соединенные друг с другом кабельной или ретрансляционной связью.

Вместе с тем разделение телескопов по диапазонам условно. Так, оптические телескопы при наличии отражательной оптики могут применяться для наблюдения в участках инфракрасной и субмиллиметровой областей, для которых атмосфера достаточно прозрачна.

Для наблюдения в других диапазонах телескопы устанавливаются на самолетах, аэростатах, выводятся на околоземную орбиту Земли. Воздушная обсерватория *Kuiper Airborne Observatory* представляет собой авиалайнер, на котором установлен инфракрасный телескоп диаметром около 1 метра. В 1990 г. выведен на орбиту космический телескоп «Хаббл» (рис. 1.8), в 2011 г. запущен российский космический радиотелескоп «Спектр-Р» по проекту «Радиоастрон» по изучению сверх массивных черных дыр, областей звездообразования в Галактике.

Сама Земля может выступать элементом астрофизического прибора. Так, гамма-кванты сверхвысоких энергий, проходя через земную атмосферу, создают ливень элементарных частиц.

Эти частицы создают особое излучение, возникающее в результате эффекта Вавилова—Черенкова (излучение электрически заряженной частицы, движущейся в среде со скоростью, превышающей скорость света в этой среде), которое распространяется по направлению породивших его гамма-квантов и регистрируется обычными телескопами. В недрах Земли расположены установки по регистрации нейтрино. Планета-телескоп по обнаружению превращений нейтрино позволяет исследовать глубины Солнца, откуда и «приходят» нейтрино.

Вместе с тем современный уровень развития техники позволяет астрономам-любителям в полной мере участвовать

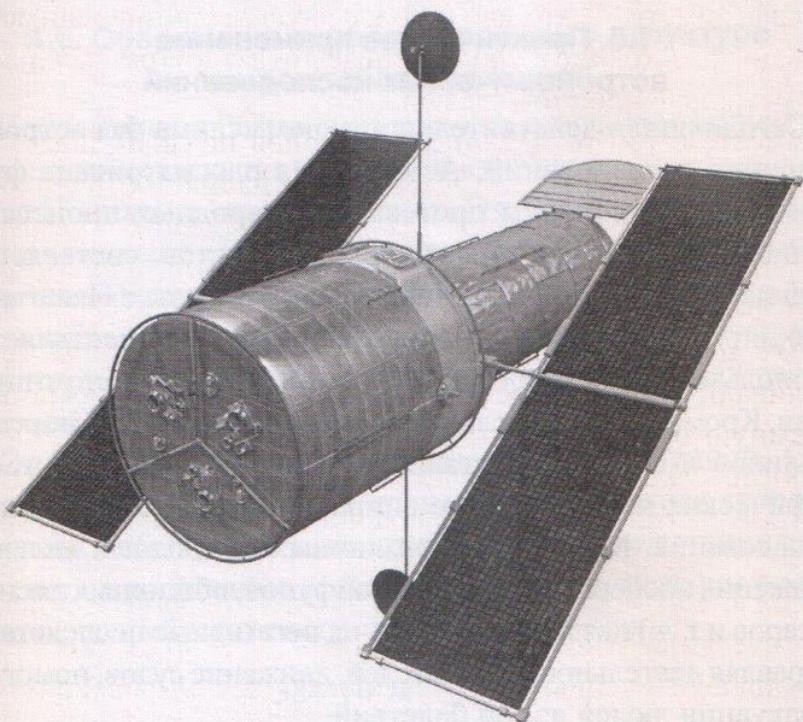


Рис. 1.8. Телескоп «Хаббл»

в современных исследованиях. К некоторым телескопам с дистанционным управлением открыт доступ и для любителей астрономии. Например, проект *Faulkes Telescope* (<http://www.faulkes-telescope.com>) открывает доступ для онлайн-наблюдений всем желающим. На сайте mks-onlain.ru и других можно любоваться изображениями Солнца в реальном времени. Некоторые обсерватории делают доступными полученные «сырые» данные для участия в их обработке всех желающих при наличии определенной квалификации.

1.5. Практическое применение астрономических исследований

Сегодняшняя действительность немыслима без астрономических исследований. Астрономия рассматривает фундаментальные вопросы протекания природных процессов. Вычисление положений важнейших объектов, составление календарей основаны на астрономических данных. Навигация в мореплавании, авиации и космонавтике осуществляется с использованием широкой сети искусственных спутников связи. Кроме того, вычисление времени наступления морских приливов и отливов, составление географических и топографических карт — все это опирается на астрономические исследования. Мониторинг различных природных явлений (движения айсбергов в океанах, тайфунов, обширных лесных пожаров и т. д.) позволяет снизить их негативные последствия, направляя деятельность спасателей, движение судов, помогает в эвакуации людей из зон бедствий.

Несколько десятилетий работают выведенные на орбиту космические аппараты для исследования солнечной активности. Гелиосферные обсерватории ведут наблюдения за Солнцем в различных диапазонах электромагнитных волн, позволяя предупредить о приближающихся магнитных бурях, вызванных активностью Солнца.

Являясь одной из естественных наук, астрономия неразрывно связана с физикой, химией, биологией. Во Вселенной ученые наблюдают процессы, воспроизведение которых в лабораторных условиях Земли невозможно по физико-химическим характеристикам. Диапазон наблюдаемых температур астрономических объектов варьируется от долей градуса кельвина до сотен миллионов кельвинов в недрах звезд. С астрономическими объектами связаны сильные магнитные и гравитационные поля. Физические теории можно проверить, используя астрономические методы.

1.6. Современные представления о структуре и масштабах Вселенной

Наблюдения с Земли и из космоса с использованием современных телескопов позволили «заглянуть» на расстояние более 13 миллиардов световых лет. Это пространство названо Метагалактикой. Все фрагменты изображений Вселенной, полученных телескопами, позволяют утверждать, что распределение скоплений галактик во Вселенной имеет ячеистую структуру. Одна из галактик особая: на ее периферии расположена Солнечная система.

Оценим пространственные масштабы Вселенной. Скорость света в вакууме — максимально возможная скорость передачи любых видов взаимодействий. Зная величину скорости света и расстояние от Земли до Луны, определим время, которое потребуется свету, чтобы достичь Луны:

$$\frac{384 \cdot 10^6 \text{ м}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 1,28 \text{ с.}$$

Аналогично можно рассчитать время, которое потребуется, чтобы свет прошел расстояние от Солнца до Земли. Оно составит 8,3 минуты. Чтобы достигнуть Нептуна (наиболее удаленной планеты Солнечной системы), свету потребуется более 4 часов. Современная картина мира непрерывно дополняется новыми сведениями. До ближайшей звезды (Проксима Центавра) свет будет идти более 4 лет, а до ближайшей галактики (Карликовая Галактика в Большом Псе) — 25 тысяч световых лет от Солнечной системы!

149433

Вопросы и задания

1. Перечислите особенности астрономии. В чем особенности источников информации в астрономии?

2. Охарактеризуйте основные периоды развития астрономии. Обоснуйте свой ответ.
3. Сравните геоцентрическую и гелиоцентрическую системы мира. В чем состояло преимущество каждой из них? Почему систему Коперника нельзя считать моделью Вселенной?
4. Опишите особенности развития телескопов. Сравните преимущества наземных и космических обсерваторий.
5. Каково, с вашей точки зрения, значение современных астрономических явлений для науки и повседневной жизни человека?