

Е. П. Левитан

АСТРОНОМИЯ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ТАБЛИЦ



ДРОФА

Введение

При проведении уроков, на которых изучаются вопросы астрономии, факультативных и кружковых занятий необходимо использовать простейшие средства наглядности, к числу которых относятся демонстрационные таблицы.

Таблицы применяют не только при объяснении нового материала, но и для проверки знаний учащихся. При объяснении нового материала таблицы помогают учителю сформировать у учащихся представление об изучаемых небесных телах, их системах и разнообразных процессах, происходящих во Вселенной. В этом случае каждая таблица играет для учителя роль своеобразного плана-конспекта данного урока, а на следующем уроке таблица поможет ученику ответить на вопросы учителя.

Методические рекомендации к таблицам содержат их описание, краткие сведения об изображенных на таблицах объектах, включая некоторые новые данные о них. В тех случаях, где это необходимо, приводятся ссылки на методическую и научно-популярную литературу.

Данный комплект таблиц и методические рекомендации к ним созданы автором на основе опыта многолетней работы в школе и занятий с учителями физики в Москве и других городах России. Этот опыт обобщен автором в учебнике «Астрономия. 11 класс» и книгах «Дидактика астрономии», «Астрономия. 11 класс: книга для учителя».

Данный комплект таблиц, позволяющий иллюстрировать минимум вводимых астрономических понятий, можно использовать при проведении уроков природоведения, физики, естествознания, на которых изучаются основы астрономии, и астрономических наблюдений со школьниками.

Таблица 1. Солнечная система

В таблице содержится материал, который помогает объяснить строение и состав Солнечной системы при изучении астрономии на уроках и факультативных занятиях в старших классах, а также при изучении элементов астрономии, включенных в программы, учебники и элективные курсы для начальной школы и 5—9 классов. Главное место в таблице занимает схема Солнечной системы, на которой изображены Солнце, восемь движущихся вокруг него планет (с недавних пор Плутон, открытый в 1930 г., перестали считать девятой планетой Солнечной системы), орбита одной из комет, Главный пояс астероидов, расположенный между орбитами Марса и Юпитера, и Пояс астероидов, находящийся за орбитой Нептуна и получивший название «пояс Койпера». Планеты отличаются по своим размерам (наибольшая из них — Юпитер, наименьшая — Меркурий) и обращаются вокруг Солнца в одном направлении. В этом же направлении Солнце вращается вокруг собственной оси. Средние расстояния планет от Солнца подчиняются определенному закону. Его обычно называют правилом Тициуса—Боде и записывают в виде формулы:

$$r = 0,3 \cdot 2^n + 0,4,$$

где r — среднее расстояние планеты от Солнца в астрономических единицах (а. е.). Для Меркурия $r = 0,4$ а. е., для Венеры — $0,7$ а. е. ($n = 0$), для Земли — 1 а. е. ($n = 1$), для Марса — $1,6$ а. е. ($n = 2$), для Юпитера — $5,2$ а. е. ($n = 4$) и т. д. Средние расстояния планет от Солнца связаны с периодами их обращения вокруг Солнца (III закон Кеплера). Планеты движутся вокруг Солнца по эллипсам (I закон Кеплера), степень вытянутости которых характеризуется эксцентриситетом. Чем больше эксцентриситет, тем больше орбита планеты отличается от окружности. Например, орбиты Венеры и Земли близки к окружностям (эксцентриситет орбиты Венеры $0,007$, Земли — $0,017$). Орбиты большинства других планет более вытянуты. Планеты движутся вокруг Солнца неравномерно: вблизи перигелия быстрее, чем вблизи афелия (II закон Кеплера). Углы наклоне-

ния плоскостей орбит планет к плоскости эклиптики (плоскости орбиты Земли) не превышают нескольких градусов. Важной закономерностью в Солнечной системе является распределение момента количества движения между Солнцем и планетами. На долю Солнца приходится лишь 2% момента количества движения всей Солнечной системы (при массе Солнца 99,9% массы вещества Солнечной системы), а на долю планет — 98% момента количества движения. Кроме планет-гигантов (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) и планет земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс) в Солнечную систему входят карликовые планеты, находящиеся в поясе Койпера.

К малым телам Солнечной системы относятся астероиды и кометы (к ним иногда относят и спутники планет). Предполагается, что очень далеко за орбитами планет (на расстоянии не менее 150 000 а. е. от Солнца) расположено Облако комет (Облако Оорта). Из него время от времени к Солнцу прилетают долгопериодические кометы с периодами обращения в миллионы лет. Расстояние от Солнца до Облака Оорта примерно в два раза меньше, чем до системы звезды α Центавра. Это сравнение иллюстрирует, на каких огромных расстояниях Солнце может удерживать небесные тела Солнечной системы. Поскольку в одном масштабе на одной схеме показать орбиты планет Солнечной системы и Облако Оорта невозможно, в таблице пришлось поместить две схемы. На первой изображены орбиты планет, а на второй — в условном масштабе расположение Облака Оорта в Солнечной системе.

На основе изучения строения Солнечной системы и присущих ей закономерностей астрономы разрабатывают космогонические гипотезы, пытаются выяснить, как образовалась Солнечная система и как она эволюционировала от своего рождения до наших дней.

Таблица 2. Планеты-гиганты

Центральное место на этой таблице занимает **Юпитер** — самая массивная и большая планета Солнечной системы и самая близкая к Солнцу из планет-гигантов.

Юпитер находится примерно в пять раз дальше от Солнца, чем Земля. Расстояние от Солнца до Сатурна составляет примерно 9,5 а. е., Урана — 19 а. е., Нептуна — 30 а. е. Даже в небольшие телескопы можно рассмотреть детали поверхности Юпитера. Полосатая структура облачного слоя планеты и знаменитое Красное Пятно, являющееся весьма устойчивым образованием в атмосфере Юпитера, изображены на этой таблице. Полосы расположены параллельно экватору планеты и вращаются с разными скоростями: чем ближе к экватору, тем больше скорость. Такой эффект зонального вращения объясняется тем, что наблюдаемые полосы представляют собой детали газообразной оболочки планеты. Юпитер имеет заметное сжатие, что связано с быстрым вращением планеты вокруг своей оси. Гигантская планета примерно за 10 ч делает оборот вокруг оси. С быстрым вращением Юпитера связано также существование у него магнитного поля, которое на порядок больше земного, и значительно больших, чем у Земли, радиационных поясов. Строение Юпитера показано на врезке таблицы.

Газовая оболочка («атмосфера») планеты толщиной примерно 11 000 км состоит в основном из водорода. Водород составляет около 82% массы всей планеты (17% приходится на гелий). По мере продвижения вглубь газовая атмосфера переходит в газожидкую оболочку, где свойства сжатого газа почти не отличаются от свойств жидкости.

Во внутреннем строении Юпитера выделяют зону «металлизированного» водорода, в которой электроны, оторванные от протонов, движутся свободно, как в металлах. Ядро Юпитера, в отличие от всех расположенных выше оболочек, твердое, его плотность составляет около 11 г/см³. Давление в центре Юпитера достигает 50 Мбар, температура — 20 000 К (*здесь и далее цифровые данные приводятся по книге П. Г. Куликовского «Справочник любителя астрономии»*).

В таблице показаны схемы внутреннего строения других планет-гигантов — **Сатурна**, **Урана**, **Нептуна**. Природа этих планет во многом сходна с природой Юпитера. На Сатурне, например, как и на Юпитере,

видны полосы, параллельные его экватору. Сатурн, как и Юпитер, быстро вращается вокруг своей оси. Внутреннее строение планеты также сходно с внутренним строением Юпитера, хотя из-за меньшей массы давление в ее недрах меньше, чем в недрах Юпитера. Полосы на Уране похожи на полосы на Сатурне. Обычно говорят, что Уран вращается «лежа на боку», потому что плоскость его экватора наклонена на 98° к плоскости его орбиты и его вращение происходит в сторону, противоположную движению вокруг Солнца. На фотографиях Нептуна, полученных с борта пролетавших вблизи него автоматических межпланетных станций, удастся рассмотреть гораздо меньше деталей, чем на фотографиях других планет-гигантов. Поэтому в таблице на Нептуне детали не указаны. Внутреннее строение всех планет-гигантов очень похоже, хотя различия все-таки существуют. Некоторые из них отмечены на соответствующих схемах внутреннего строения планет. Вероятно, ни у одной из гигантских планет нет твердой поверхности, и только в состав их ядер входят твердые, каменистые породы, поэтому понятие «поверхность» планеты-гиганта весьма условно.

Отличительные особенности планет-гигантов связаны не только с их строением, но и с наличием у них колец и большого числа спутников: Юпитера — 63, Сатурна — 62, Урана — 27, Нептуна — 13. Во многих научно-популярных книгах и журналах и в Интернете можно найти прекрасные фотографии спутников планет-гигантов, переданные с борта АМС «Вояджер» и «Кассини». Самая впечатляющая система колец у Сатурна. Она показана в данной таблице. Кольца состоят из множества крошечных спутников планеты, движущихся вокруг нее по законам Кеплера. По имеющимся оценкам, средний размер частиц колец около 1 м, хотя есть и значительно меньшие частицы. Скорее всего, частицы колец покрыты льдом (так как планеты-гиганты находятся далеко от Солнца, это очень холодные небесные тела и внутри некоторых из них, например Урана и Нептуна, могут существовать большие массы льда). В последние годы кольца открыты у Юпитера, Урана и Нептуна.

Таблица не только поможет учащимся лучше узнать природу планет-гигантов, но и пробудить интерес к самостоятельному визуальному наблюдению в телескоп Юпитера с галилеевыми спутниками и Сатурна с кольцами. Необходимые сведения об условиях видимости планет и других небесных тел Солнечной системы, а также о различных астрономических явлениях содержатся в «Школьном астрономическом календаре».

Таблица 3. Планеты земной группы

Центральное место в таблице занимает изображение **Земли** и схема ее внутреннего строения. С природой Земли — главной планеты земной группы — мы будем сравнивать природу других планет этой группы (Меркурия, Венеры, Марса). Различные сведения о Земле, ее форме, размерах, массе, составе и строении атмосферы, внутреннем строении, магнитном поле, поверхности и климате содержатся в школьных курсах физической географии, физики и других учебных предметах. Поэтому при изучении вопросов астрономии делается упор на рассмотрение Земли как одной из планет Солнечной системы. Здесь важно напомнить о массе, размерах и форме Земли, периодах вращения и обращения, наклоне земной оси к плоскости ее орбиты, сравнительно мало отличающейся от круговой. В отличие от планет-гигантов, планеты земной группы либо имеют очень мало спутников (у Земли он один, у Марса — два), либо вообще не имеют (Меркурий и Венера). Кроме единственного естественного спутника — Луны вокруг Земли движутся сотни искусственных спутников (первый искусственный спутник Земли был запущен советскими учеными и конструкторами 4 октября 1957 г.) и то, что принято называть «космическим мусором», ставшим предметом особого беспокойства ученых в последнее время. Из функционирующих на околоземных орбитах искусственных небесных объектов важная роль принадлежит многомодульной международной космической станции (МКС), сборка которой на орбите началась в 1998 г. На МКС работают, сменяя друг

друга, экспедиции, в состав которых входят российские космонавты и зарубежные астронавты. В 2011 г. исполнится 50 лет со времени полета в космос Ю. А. Гагарина (12 апреля 1961 г.). За прошедшее с тех пор время в космосе побывало свыше 500 астронавтов и космонавтов.

Земля — наибольшая из планет земной группы, а **Меркурий** — наименьшая. Меркурий — самая близкая к Солнцу планета ($a = 0,4$ а. е., $T = 0,24$ года). Меркурий медленно вращается вокруг своей оси, период его вращения составляет около 59 земных суток. Так как оборот вокруг Солнца эта планета совершает за 88 земных суток, то за два «меркурианских» года проходит всего трое его суток. На Меркурии практически нет атмосферы, но рассмотреть с Земли детали его поверхности очень трудно. Мы узнали о них только благодаря космическим исследованиям, в результате которых выяснилось, что на поверхности Меркурия есть множество кратеров. В 2009 г. по фотографиям, переданным с космического аппарата «Маринер-10», а позднее с «Мессенджера», была составлена карта почти всей поверхности планеты, на которой указаны детали размером до нескольких сотен метров. На таблице изображен участок поверхности Меркурия, но впечатляющие фотографии Меркурия есть в книгах, журналах и Интернете. Ось вращения Меркурия почти перпендикулярна плоскости его орбиты, а, как известно, от наклона оси планеты зависит характер смены времен года на ней (на планетах, оси которых перпендикулярны плоскостям их орбит, нет смены времен года). Пользуясь таблицей, можно сравнить внутреннее строение Меркурия с внутренним строением других планет земной группы.

Венера имеет почти такие же размеры, как Земля (средний радиус Земли 6371 км, Венеры — 6050 км), и массу (масса Венеры составляет примерно 0,82 массы Земли). Венера окружена обширной атмосферой, состоящей в основном из углекислого газа. Плотные облачные слои атмосферы Венеры скрывают от нас ее поверхность. Ее удалось узнать благодаря радиолокационным наземным и космическим наблюдениям. Зна-

чительную часть поверхности Венеры занимают плоские равнины с невысокими холмами. Есть на Венере горы и кратеры. Самые высокие горы на Венере — горы Максвелла высотой до 11 км. В настоящее время составлены карты и атласы Венеры. Из-за парникового эффекта на поверхности Венеры очень высокая температура — около 470 °С. Атмосферное давление у поверхности этой планеты достигает 90 атм, что почти в 90 раз больше, чем атмосферное давление у поверхности Земли.

Венера — самое яркое после Луны светило на нашем ночном небе. Появление ее утром перед восходом Солнца и вечером вскоре после его захода всегда привлекает внимание. Учащиеся могут увидеть Венеру в телескоп и, если удастся, зарисовать фазу планеты в момент наблюдения (Венера меняет свой вид подобно Луне). Вращение Венеры вокруг оси происходит в обратном направлении и совершается с периодом 243 земных суток («обратное вращение» есть только у двух планет Солнечной системы — Венеры и Урана).

Марс — самая далекая от Солнца планета земной группы. Из таблицы видно, что Марс значительно меньше Земли. Его средний радиус 3397 км, а масса составляет 0,11 от массы Земли. Сходными с земными являются наклон оси планеты к плоскости орбиты (65,5) и период вращения вокруг оси (примерно 24 ч 37 мин), поэтому смена времен года на Марсе такая же, как и на Земле, и там так же, как на Земле, происходит смена дня и ночи. Но поскольку марсианский год составляет 1,88 земного года, продолжительность каждого времени года на Марсе почти вдвое больше, чем на Земле. У Марса есть атмосфера, состоящая в основном из углекислого газа. Она очень разрежена, и ее давление у поверхности планеты почти в 170 раз меньше, чем у поверхности Земли. Красноватый цвет поверхности Марса обусловлен тем, что ее значительная часть содержит окислы железа. На Марсе, как на Меркурии и Венере, нет никаких морей или озер. Однако ученые не исключают, что под поверхностными слоями Марса могут оказаться немалые запасы льда. В связи с подготовкой к будущим пилотируемым экспедициям на Марс

там активно ведется поиск хотя бы замерзшей воды. Даже в небольшие телескопы заметны полярные шапки Марса, уменьшающиеся или почти исчезающие в летний период (одна из полярных шапок показана в таблице). В состав полярных шапок кроме обычного водяного льда входит замерзшая углекислота. На поверхности Марса много кратеров метеоритного происхождения и потухших вулканов. Наиболее крупные из них — Арсия и Олимп высотой более 25 км (в поперечнике у основания они достигают 500 км). В отличие от спутника Земли — Луны, марсианские спутники (Фобос и Деймос) представляют собой очень маленькие небесные тела неправильной формы. Но и на них с помощью космических аппаратов, подлетавших к Марсу, удалось сфотографировать кратеры. За первые полвека космической эры к Марсу было запущено 40 автоматических межпланетных станций (20 отечественных, 18 американских, одна европейская и одна японская). В некоторые годы на орбитах вокруг Марса и на его поверхности одновременно находилось несколько космических аппаратов. Например, в 2008 г. успешно работали три искусственных спутника Марса и два марсохода. Из всех запущенных к Марсу АМС программу полета удалось выполнить лишь трем отечественным, 18 американским и одной европейской. Вероятно, скоро мы станем свидетелями новых стартов космических аппаратов к Марсу.

Таблица 4. Луна

В центре таблицы помещено изображение видимой стороны Луны с наиболее важными деталями рельефа (Океан Бурь, Море Дождей, Море Ясности, Море Спокойствия, Море Изобилия, Море Нектара и др., кратеры Коперник, Кеплер, Тихо). С помощью этих изображений, а также имеющихсся в учебниках схематических и более подробных карт видимой с Земли и обратной стороны Луны можно не только рассказать учащимся о деталях лунной поверхности, но и показать их в бинокль и телескоп при наблюдении Луны

в разных фазах (лунные кратеры лучше всего видны вблизи терминатора).

Среди спутников планет земной группы и планет-гигантов Луна выделяется тем, что имеет сравнимые с Землей размеры и массу: радиус Луны лишь в четыре раза меньше земного, а масса только в 81 раз меньше массы Земли. На таблице показаны сравнительные размеры Земли и Луны. На небе кажется, что Луна и Солнце имеют одинаковые размеры, поскольку линейный диаметр маленькой Луны примерно в 400 раз меньше линейного диаметра Солнца. Но Луна (ближайшее к Земле небесное тело) в 400 раз ближе к нам, чем Солнце. Один оборот вокруг своей оси относительно звезд Луна совершает за 27,3 суток, при этом она остается повернутой к Земле одной и той же стороной, потому что за 27,3 суток успевает сделать один оборот вокруг Земли. Увидеть обратную сторону Луны удалось лишь после ее фотографирования с борта АМС. Первой из них была советская АМС «Луна-3» (октябрь 1959 г.). На обратной стороне Луны почти нет морей, и она покрыта множеством кратеров. Кратеры на видимой и обратной стороне Луны возникли в основном в результате падения на Луну метеоритов. В некоторых случаях вокруг кратеров появились характерные лучевые системы. Даже в бинокль можно увидеть светлые полосы, радиально расходящиеся, например, от кратера Тихо. Они иногда достигают нескольких тысяч километров, пересекая лунные моря и горы. Размеры наибольших лунных кратеров — сотни километров, а самых маленьких — десятки сантиметров. В школьные и небольшие любительские телескопы видны кратеры диаметром до 150 км. На таблице показан небольшой участок лунной поверхности с кратерами. Фотографии лунного рельефа можно найти в научно-популярной литературе.

Время одного оборота Луны вокруг Земли относительно Солнца 29,5 земных суток. За это время происходит смена лунных фаз. День и ночь на Луне длятся примерно по 14 земных суток. Благодаря этому и отсутствию на Луне заметной атмосферы в течение лунных суток происходят резкие колебания температуры

на поверхности. Днем температура может достигать $+130^{\circ}\text{C}$, а ночью опускается до -170°C . Однако уже на глубине в несколько десятков сантиметров температура остается практически одинаковой днем и ночью, что объясняется плохой теплопроводностью поверхностного лунного грунта (реголита). Пользуясь таблицей «Луна», а также таблицей «Планеты земной группы», можно сравнить внутреннее строение этих небесных тел.

На Луну было совершено шесть удачных экспедиций по программе «Аполлон». Первыми на Луне побывали Нейл Армстронг и Эдвин Олдрин, «прилунившиеся» в Море Спокойствия 20 июля 1969 г. Ни на каких других небесных телах Солнечной системы люди еще не были. Активные космические исследования Луны прекратились к 1976 г. и возобновились лишь в начале 1990-х гг. В комплексных исследованиях Луны, включая поиск замерзшей воды на ней, стали участвовать ученые разных стран: США, Западной Европы, России, Японии, Китая, Индии. Пилотируемые полеты к Луне с целью создания на ее поверхности баз, возможно, будут осуществляться в ближайшие десятилетия. Рассказывая об уже осуществленных пилотируемых полетах на Луну, следует обратить внимание учащихся на два сюжета: высадку астронавта на Луну и вид Земли с поверхности Луны.

Таблица 5. Малые тела Солнечной системы

Таблица дает представление о малых телах Солнечной системы — **астероидах** и **кометах** и позволяет сравнить размеры наиболее крупных спутников планет (самый большой из них Ганимед — спутник Юпитера). Изображения малых тел на данной таблице соответствуют не тому, что можно увидеть невооруженным глазом или в школьный телескоп, а фотографиям, полученным с помощью крупных наземных телескопов и космических аппаратов, пролетавших вблизи небесных тел. Возьмем, например, типичный астероид

Гаспра. Точно определить его форму и размеры и рассмотреть детали поверхности удалось лишь с помощью фотографий с расстояния 16 000 км в октябре 1991 г. с борта американского космического корабля «Галилео». На снимках удалось увидеть кратеры на поверхности Гаспры диаметром 1—2 км и другие детали размером 60—100 м. Через 10 лет после первого фотографирования Гаспры другой космический аппарат совершил мягкую посадку на поверхность астероида Эрос, что позволило уточнить его физические характеристики.

До начала XIX в. об астероидах вообще ничего не было известно. Последней планетой Солнечной системы тогда считали Уран и искали «недостающую» планету, которая согласно правилу Тициуса—Боде могла находиться между орбитами Марса и Юпитера ($n = 3, r = 2,8$ а. е.). Такую планету так и не нашли, но вместо нее в этой области Солнечной системы постепенно один за другим открывали множество малых планет — астероидов. Первую из них — Цереру — случайно открыл итальянский астроном Пиацци в самом начале XIX в. Церера — самая большая малая планета в Главном поясе астероидов. Ее диаметр равен почти 1000 км, но даже она не видна невооруженным глазом.

Впоследствии было открыто множество астероидов разных размеров. Больших астероидов в Главном поясе немного. Так, астероидов диаметром 100 и более километров всего около ста. Большинство же астероидов имеют значительно меньшие размеры. Их диаметры составляют от нескольких километров до нескольких десятков метров. Подобно планетам, астероиды движутся вокруг Солнца по законам Кеплера, у многих обнаружено вращение вокруг собственной оси, а у некоторых открыты спутники. Сила тяжести на поверхности астероидов очень мала, и они не способны удерживать атмосферу. Массы астероидов очень малы по сравнению с массой Земли, и сумма их масс примерно в тысячу раз меньше, чем масса Земли.

На таблице показаны орбиты нескольких астероидов. У большинства орбиты близки к круговым и невелики наклоны орбит к плоскости эклиптики. Но есть

астероиды с довольно вытянутыми орбитами и большим наклоном. Особенно интересны астероиды, которые при движении вокруг Солнца могут приближаться к Земле на расстояние всего в 1,5—2 раза большее, чем расстояние от Земли до Луны, а иногда и еще меньше. Для нашей планеты опасны астероиды, способные подходить к ней очень близко и даже сталкиваться. В настоящее время астрономы тщательно отслеживают движение подобных малых планет. При столкновениях астероидов в Главном поясе могут образовываться осколки, вылетающие далеко за его пределы и достигающие поверхности Марса и Земли. Считается, что метеориты — это осколки астероидов.

Демонстрируя эту таблицу вместе с таблицей «Солнечная система», следует еще раз обратить внимание учащихся на пояс Койпера, простирающийся далеко за пределами орбиты Нептуна, и на Облако комет вблизи границы Солнечной системы. Необходимо подчеркнуть, что кометы отличаются от других небесных тел Солнечной системы не только своим видом, но и формой орбит, большими размерами, а также сравнительно быстрым, иногда бурным развитием.

Внимание людей обычно привлекают самые яркие кометы, появление которых на небе никого не может оставить равнодушным (в прошлом оно вызывало страх перед какими-то, как считалось, грядущими ужасными событиями). Ежегодно астрономы-профессионалы и астрономы-любители открывают несколько новых комет и обнаруживают те, что уже наблюдались в прошлом. В отличие от орбит планет, орбиты комет — сильно вытянутые эллипсы. Поэтому некоторые кометы могут в перигелии оказаться вблизи Солнца, а в афелии — очень далеко от него. Периоды обращения короткопериодических комет составляют лишь несколько лет, долгопериодических — многие сотни, тысячи и даже миллионы лет.

На таблице показаны внешний вид яркой кометы и схема строения кометы. Основные части сформировавшейся кометы — ядро, голова и хвост. Голова и хвост у кометы появляются и растут по мере приближения к Солнцу. Вдали от Солнца, и тем более в Облаке Оорта,

никаких голов и хвостов кометы не имеют и представляют собой снежно-ледяные загрязненные глыбы, по размерам сравнимые с небольшими астероидами. По сути это и есть «оголенные» ядра комет, в которых сосредоточена основная масса их вещества, а ничтожная его часть входит в состав огромной головы кометы, иногда соизмеримой по размерам с Солнцем, и хвоста, тянущегося на десятки и даже сотни миллионов километров. Самая знаменитая комета — это комета Галлея. Она возвращается к Солнцу примерно через 76 лет. На таблице показаны общий вид этой кометы и ее орбита в Солнечной системе. В 1986 г., во время предыдущего приближения кометы Галлея к Солнцу и Земле, к ней были направлены три космических аппарата — советские «Вега-1» и «Вега-2» и западноевропейский «Джотто». Тогда удалось впервые сфотографировать ядро кометы с близкого расстояния, определить его форму, по виду напоминающую каштан, и размеры (14 × 7 км). В следующий раз комета Галлея появится на нашем небе в конце июля 2061 г.

Ядро кометы, частицы, входящие в состав ее головы и хвоста, светят отраженным и рассеянным солнечным светом. Под действием солнечного излучения возникает холодное свечение (флуоресценция). Из-за давления лучей Солнца хвосты комет искривляются и обычно направлены в сторону от Солнца. Со временем кометы разрушаются под воздействием притяжения больших планет и солнечного излучения. В результате вещество старой кометы растягивается по ее орбите. Когда Земля проходит через рой частиц разрушившейся кометы, можно наблюдать «звездные дожди» — метеорные потоки. В «Школьном астрономическом календаре» подробно объясняется, когда и где можно их наблюдать. Так, ежегодно на 12 августа приходится максимум метеорного потока Персеид, радиант которого находится в созвездии Персея. Как и астероиды, кометы могут сближаться с планетами и даже падать на них. Летом 1994 г. астрономы всего мира наблюдали, как десятки фрагментов одной из комет врезались в Юпитер. Гигантская планета от этого не пострадала, но если бы что-нибудь подобное случилось с Землей, последствия

могли быть катастрофическими. Поэтому проблеме предупреждения и предотвращения кометной и астероидной опасности сейчас уделяется большое внимание. Исследование комет поможет решить такие фундаментальные проблемы, как происхождение нашей планетной системы и жизни на ней. Предстоящие полеты АМС к кометам позволят лучше узнать природу комет. Планируется, что в ноябре 2014 г. на комету Чурюмова—Герасименко (кометы получают названия в честь их первооткрывателей) сделает посадку стокилограммовый космический робот, которого доставит туда АМС «Розетта» (Европейское космическое агентство).

Таблица 6. Солнце

Солнце удерживает на орбитах движущиеся вокруг него планеты, астероиды, кометы. Является единственным самосветящимся небесным телом в Солнечной системе и представляет собой одну из бесчисленных звезд Вселенной. Солнце — главный источник тепла и света на Земле и других планетах. Масса Солнца примерно в 750 раз превышает суммарную массу других небесных тел Солнечной системы, в 330 000 раз — массу Земли, а его диаметр в 109 раз больше диаметра нашей планеты.

На рисунке в центре таблицы видны пятна, которые можно увидеть при наблюдениях Солнца в школьный телескоп. Лучше всего наблюдать Солнце на экране, прикрепленном к окулярной части телескопа. Видимая поверхность Солнца (фотосфера) лишь условно может быть названа поверхностью, потому что Солнце — это раскаленный газово-плазменный шар, в основном состоящий из водорода и гелия, у которого нет никакой твердой поверхности. Этим Солнце немного напоминает планеты-гиганты, в значительной степени состоящие из холодного газа. Вращение Солнца вокруг оси, как и вращение планет-гигантов, происходит по слоям, или по зонам: экваториальная зона вращается быстрее, чем зоны высокоширотные или расположенные вблизи полюсов Солнца. Один оборот экваториальной зоны

происходит за 25 земных суток, а у зон, расположенных вблизи полюсов, — более чем за тридцать суток. Подобного вращения не было бы ни у Солнца, ни у планет-гигантов, если бы эти небесные тела были твердыми, а не газообразными. Пятна на поверхности Солнца участвуют в его вращении вокруг оси. Наблюдая за ними, можно изучать вращение Солнца. Подобную роль играют и детали атмосферы планет-гигантов.

Отдельно на таблице показан участок поверхности Солнца с пятном и грануляцией. Солнечные пятна — это участки более холодные, чем окружающая фотосфера: температура фотосферы составляет около 6000 К, а пятен — примерно 4500 К. Размеры пятен могут быть очень большими и даже превышать размеры Земли. Обычно на Солнце появляются не единичные пятна, а группы, каждую из которых можно сравнить с огромным магнитом, имеющим северный и южный полюс. Вся фотосфера покрыта непрерывно возникающими и исчезающими «зернами». Это гранулы, размеры которых достигают нескольких сотен километров. В отличие от пятен, живущих и изменяющихся в течение недель и даже месяцев, гранулы существуют лишь несколько минут.

Солнечные пятна — одно из самых известных и давно изучаемых проявлений солнечной активности, для которой характерна цикличность. Наиболее изучен 11-летний цикл пятнообразовательной деятельности Солнца. В 2009 г. начался очередной 11-летний (24-й от начала наблюдений) цикл солнечной активности. В годы ее максимума на Солнце бывает довольно много пятен, а в годы минимума — мало или может не быть совсем на протяжении нескольких дней или даже недель. Однако пятна — лишь одно из проявлений солнечной активности, к которым также относятся показанные на таблице солнечные вспышки и протуберанцы, нередко возникающие над группами солнечных пятен.

Солнечные вспышки — очень мощные кратковременные проявления солнечной активности. Это взрывы, сопровождающиеся выбросом в межпланетное пространство электрически заряженных частиц, летящих со скоростью до 1000 км/с, и резким усилением корот-

коволнового излучения. Выделяющаяся при вспышке энергия огромна (порядка 10^{25} Дж). Важное практическое значение имеют прогнозы солнечных вспышек, поскольку после сильных вспышек на Солнце на Земле и в околоземном пространстве наблюдаются такие явления, как магнитные бури, прекращение радиосвязи, резкое повышение радиационной опасности и т. д., о которых необходимо знать заблаговременно.

Протуберанцы — это выбросы вещества, высоко вздымающегося и проникающего в самый верхний слой солнечной атмосферы — в солнечную корону. Протуберанцы различаются по форме, которая бывает весьма причудливой, и темпам развития (бывают очень медленно и стремительно развивающиеся протуберанцы). Протуберанцы и солнечная корона лучше всего видны во время полных солнечных затмений. На таблице есть рисунок солнечной короны. Во время полных солнечных затмений солнечная корона очень красива — она похожа на серебристо-жемчужное сияние вокруг черного диска Луны, закрывающего Солнце. Солнечная корона состоит из очень разреженного и многократно ионизованного газа. Она простирается на несколько радиусов Солнца и, расширяясь в космическое пространство, образует поток частиц — солнечный ветер, обволакивающий планеты и кометы. В годы максимума солнечной активности корона имеет почти круглую форму, а в годы минимума она вытянута вдоль экватора Солнца.

Таблица 7. Строение Солнца

На таблице дается изображение Солнца в разрезе и наглядная схема термоядерных реакций, протекающих в ядре Солнца. Атмосфера Солнца простирается от фотосферы (самый нижний слой атмосферы) до короны (самый верхний слой атмосферы). Непосредственно над фотосферой располагается хромосфера.

Фотосфера — это видимая «поверхность» Солнца, слой газа толщиной 200—300 км. Распределение энергии в непрерывном спектре фотосферы соответствует

температуре 6000 К. Грануляция, покрывающая всю фотосферу, свидетельствует о том, что вещество фотосферы находится в движении, а так как температура гранул примерно на 200 К выше средней температуры фотосферы, то вещество гранул приходит в фотосферу из более глубоких слоев Солнца.

Высота хромосферы составляет 12 000—14 000 км. Название этого слоя солнечной атмосферы связано с его красноватым цветом. Температура хромосферы не уменьшается с высотой, а, наоборот, увеличивается, достигая почти 1 000 000 К на нерезкой границе между хромосферой и короной. В солнечной короне температура продолжает расти, что приводит к появлению в ней многократно ионизованных атомов, излучающих свет столь необычно, что их первоначально не могли отождествить с некоторыми хорошо известными химическими элементами (железом, аргоном, никелем, кальцием и др.). Самые внешние части короны простираются на несколько десятков радиусов Солнца. Это уже «сверхкорона» Солнца, которая в годы максимумов солнечной активности может простираться еще дальше. В отличие от яркой фотосферы, корона светится слабо: уже на расстоянии около двух радиусов Солнца ее яркость в 1000 раз меньше яркости фотосферы. Поэтому вне полных солнечных затмений корона не видна. Наблюдать ее можно либо в моменты затмения, либо применяя специальные телескопы (коронографы).

Непрерывный спектр Солнца пересечен множеством темных линий поглощения (фраунгоферовы линии), позволяющих определить химический состав Солнца. На Солнце открыто 72 химических элемента, но в основном оно состоит из водорода и гелия.

Солнце излучает не только свет, но и является источником коротковолнового излучения (ультрафиолетового, рентгеновского и даже гамма-излучения), длинноволнового (вплоть до радиоизлучения солнечной короны) и корпускулярного (электрически заряженные частицы), а также трудноуловимого нейтринного излучения, возникающего в результате термоядерных реакций в центре Солнца. В процессе этих реакций водород превращается в гелий. Цепочка соответствующих ре-

акций включает три основные реакции, которые условно показаны на данной таблице. При первой реакции слияние двух протонов сопровождается образованием ядра тяжелого водорода — дейтерия и испусканием позитрона и нейтринов. При второй реакции дейтерий может вступить в ядерную реакцию с протоном, в результате чего возникнет ядро легкого изотопа гелия и выделится энергия в виде коротковолнового гамма-излучения. В результате третьей реакции слияние двух ядер легкого изотопа гелия приведет к образованию ядра гелия и двух ядер водорода. Цепочку из этих трех реакций называют протон-протонным циклом, в ходе которого из четырех ядер водорода образуется ядро гелия и выделяется энергия, на протяжении миллиардов лет поддерживающая почти на постоянном уровне светимость Солнца. Подобные реакции могут протекать только при очень высоких температурах. Температура в ядре Солнца 15 000 000 К. Если бы она была меньше, термоядерные реакции в ядре Солнца были бы невозможны. Все реакции протон-протонного цикла можно проследить по приведенной на таблице схеме.

Только нейтринное излучение способно беспрепятственно выбраться из недр Солнца на его поверхность и затем покинуть его. Вырабатываемая в центре Солнца энергия такой способностью не обладает и добирается до фотосферы сквозь толщу солнечного шара, проходя сначала лучистую зону (перенос энергии осуществляется переизлучением), а затем конвективную (перенос энергии осуществляется конвекцией). Гранулы — это появляющиеся в фотосфере «верхушки» конвективных потоков. Солнечные пятна — результат конвекции плазмы, заторможенной магнитным полем и поэтому оказывающейся более холодной, чем фотосфера. Конвективную зону нередко сравнивают с тепловой машиной, в которой энергия теплового излучения переходит в механическую. При этом возникают мощные волны, нагревающие хромосферу и корону. В отличие от планет-гигантов, сильно сжатых у полюсов, у Солнца сжатия не обнаружено (идеальный шар!). Постоянство формы и размеров Солнца объясняется тем, что силы внутреннего давления раскаленного газа, стремя-

щиеся разорвать Солнце, уравновешены силами гравитации, стремящимися его предельно сжать.

Все, что происходит в подфотосферных слоях внутри Солнца, недоступно непосредственным наблюдениям. Тем не менее ученым удалось создать модели внутреннего строения Солнца и раскрыть тайну природы источников солнечной энергии. Одним из способов доказательства того, что выводы теоретиков соответствуют действительности, являются нейтринные эксперименты. С помощью нейтринных телескопов-детекторов, устанавливаемых глубоко под поверхностью Земли, удается регистрировать нейтринное излучение Солнца. Еще не так давно результаты нейтринных экспериментов не всегда согласовывались с теорией протон-протонного цикла. Но уже в первые годы XXI в. физики-теоретики доказали, что на пути из недр Солнца к Земле нейтрино видоизменяются, образуя различные виды этих частиц (нейтринные осцилляции). Считается, что это открытие устранило противоречие между теорией и экспериментом, подтвердив правильность представлений о протон-протонном цикле.

Таблица 8. Звезды

В центре таблицы помещена карта звездного неба, причем в таком виде, в каком она обычно изображается на основном круге подвижной карты звездного неба. На карте показаны звезды до четвертой звездной величины, даны названия созвездий и выделены их характерные фигуры, нанесена сетка экваториальных координат. Склонения светил можно отсчитывать на карте вдоль радиусов от края до центра в пределах от -45° до 90° . Прямые восхождения в пределах от 0 до 24 ч указаны у края карты. На карту нанесена линия эклиптики, по которой перемещается Солнце в течение года на фоне звездного неба. Знакомя учащихся с картой звездного неба, им нужно показать основные незаходящие созвездия (Большую Медведицу, Малую Медведицу и Кассиопею), а также созвездия, которые можно увидеть на небе в разное время года. Отыскать созвездия на

небе помогут легко запоминающиеся «звездные треугольники»: летне-осенний (Вега, Денеб, Альтаир), зимний (Бетельгейзе, Сириус, Процион) и весенний (Спика, Арктур, Денебола).

Основным пособием для самостоятельного изучения звездного неба является подвижная карта звездного неба, которая представлена в «Школьном астрономическом календаре» и в учебнике по астрономии Е. П. Левитана. С помощью подвижной карты звездного неба школьники смогут искать наиболее яркие звезды и созвездия, а также планеты, оказавшиеся в момент наблюдения в том или ином зодиакальном созвездии. В настоящее время все небо условно разделено на 88 участков, имеющих строго определенные границы. Эти участки и есть созвездия. Причем к данному созвездию относятся находящиеся в пределах его границ все яркие и слабые звезды, а также звездные скопления, туманности, галактики. При наблюдениях звездного неба невооруженным глазом следует обратить внимание на то, что блеск звезд различен, и можно заметить, что цвет звезд неодинаковый. На всем небе доступны наблюдению невооруженным глазом примерно 6000 звезд, самые слабые из них шестой звездной величины. Самая яркая звезда неба (после Солнца) — Сириус ($-1,6$ звездной величины).

Знакомя учащихся с картой звездного неба, им надо показать Млечный Путь и проследить, через какие созвездия он проходит. В телескоп наблюдать одиночные звезды не так интересно, как планеты, потому что звезды и в телескоп видны как светящиеся точки.

Данная таблица позволяет перейти от наблюдаемой картины звездного неба к изучению физической природы звезд, каждая из которых, подобно Солнцу, представляет собой самосветящееся небесное тело. Звезды — главные небесные тела в доступной наблюдениям части Вселенной. Подобно тому как основная масса солнечной системы сосредоточена в Солнце, в звездах сосредоточена основная часть вещества наблюдаемой нами Вселенной. Как выяснилось в конце XIX — начале XX в., наблюдениям доступна далеко не вся Вселенная, а лишь та, в которой сосредоточено лишь несколько процентов

массы всей Вселенной, в основном состоящей из невидимой материи. Исследованиями природы этой материи занимаются астрофизики и космологи во многих странах. До появления астрофизики о звездах также было известно очень мало. В настоящее время астрономы знают, какие бывают звезды (карлики, гиганты, сверхгиганты), из чего они состоят (водородно-гелиевые раскаленные шары), каковы их температуры (самые горячие — бело-голубые звезды, холодные — красные, Солнце — желтая звезда). Также известно, что звезды относятся к различным спектральным классам. Они бывают «спокойные», как Солнце, и нестационарные (например, цефеиды, сверхновые). Существуют двойные и кратные звезды, а у отдельных звезд есть планеты (экзопланеты) или даже планетные системы. Некоторые важные сведения о расстояниях до самых ярких звезд нашего неба и их физических характеристиках содержатся в «Школьном астрономическом календаре», учебниках астрономии и «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского.

Слева на таблице изображены звезды, размеры которых превосходят размеры Солнца (например, радиус Антареса в 500 раз больше радиуса Солнца, Альдебарана — в 40 раз, Арктура — в 22 раза, Ригеля — в 20 раз, Капеллы — в 16 раз, Сириуса — в 1,7 раза). Из-за того что звезды находятся от нас на огромных расстояниях, даже в большие телескопы на них не удастся что-либо рассмотреть и непосредственно измерить их диаметры. Лишь с помощью специальных интерферометров измерены угловые диаметры нескольких десятков звезд, и по ним определены их линейные диаметры. У многих звезд диаметры определяются другими методами (например, из наблюдений затменных двойных звезд и спектрально-двойных звезд, а также цефеид).

На правой стороне таблицы даны изображения звезд (звезды Барнарда из созвездия Змееносца, Проксима Центавра), которые в несколько раз меньше Солнца (само Солнце относится к звездам-карликам), и белый карлик Сириус В, сравнимый по размерам с Землей.

По состоянию вещества, внутреннему строению и т. д. огромные звезды резко отличаются от маленьких звезд и тем более от крошечных, например нейтронных. Диаметры самых больших звезд (сверхгигантов) почти в миллиард раз больше, чем диаметры самых маленьких звезд. Диаметры нейтронных звезд составляют порядка десятка километров, а так как их массы сравнимы с массой Солнца, то поистине огромна плотность этих небесных тел (средняя плотность вещества таких звезд в несколько раз превышает плотность атомного ядра). Масса звезд значительно меньше их размеров. Недавно считалось, что они не могут превышать нескольких десятков масс Солнца, но впоследствии были открыты звезды с гораздо большими массами.

Огромные звезды состоят из очень разреженного раскаленного газа, точнее из плазмы, а вещество белых карликов и тем более нейтронных звезд плотное и сверхплотное и обладает свойствами, которые совершенно не присущи большим звездам (не исключено, что у нейтронных звезд могут быть даже сильно раскаленные твердые поверхности).

Различаются звезды и по возрасту. Наше Солнце — обычная звезда, возраст которой составляет около пяти миллиардов лет. Возраст молодых звезд равен миллионам лет. За время жизни Солнца и других звезд в источниках их энергии и общем строении происходят важные изменения. Например, когда в ядре Солнца выгорит водород, оно станет гелиевым, и тогда уже гелий будет играть роль термоядерного топлива (в дальнейшем роль топлива будут играть ядра более тяжелых химических элементов). В конечном итоге это приведет к тому, что Солнце через миллиарды лет превратится в красного гиганта, а затем, сбросив разреженную оболочку, станет белым карликом, по размерам сравнимым с Землей. Жизнь звезд более массивных, чем Солнце, заканчивается тем, что их ядра, сжимаясь, не останавливаются на стадии белого карлика, а превращаются в нейтронные звезды или даже в черные дыры.

Таблица 9. Наша Галактика

Главное место на этой таблице занимает схема, поясняющая устройство Галактики и показывающая ее «сверху» и «сбоку». О том, что именно так выглядит Галактика, очень трудно догадаться, так как наше Солнце и наша планета находятся внутри Галактики. Знаменитый немецкий философ И. Кант считал, что звезды Млечного Пути образуют систему, по форме напоминающую диск. До этого, еще в 1610 г., благодаря первым телескопическим наблюдениям Галилея стало известно, что Млечный Путь состоит из множества звезд. Важнейший вклад в открытие нашей Галактики принадлежит английскому астроному У. Гершелю. Ему удалось, основываясь на непосредственных наблюдениях, схематично изобразить нашу Галактику и определить ее размеры. С этого началось открытие Галактики. Большинство звезд Галактики проецируется на небесную сферу не хаотично, а в пределах той полосы, которую называют Млечным Путем (нередко нашу Галактику называют Млечным Путем).

Подавляющая часть звезд, звездных скоплений и диффузная материя нашей Галактики находятся в линзообразном объеме (диск с утолщением). Диаметр диска около $3 \cdot 10^4$ пк (почти 100 000 св. лет). Солнце находится не в центре Галактики, а на расстоянии около 10^4 пк от него. Центр Галактики скрывают от нас облака межзвездной пыли, препятствуя наблюдениям в оптическом диапазоне. Поэтому центр Галактики, в котором находится ее ядро, исследуют в инфракрасном, радио- и рентгеновском диапазонах. Если бы мы могли взглянуть на галактический диск «сверху», то обнаружили бы огромные спиральные рукава (или ветви), состоящие в основном из горячих звезд и массивных газовых облаков. Кроме звезд, которых в Галактике насчитывается сотни миллиардов и одной из которых является наше Солнце, в Галактику входят рассеянные и шаровые звездные скопления, диффузные и планетарные туманности. Их примеры приведены на данной таблице. Диск со спиральными ветвями образует основу плоской подсистемы Галактики, объекты, концент-

рирующиеся к ядру Галактики и лишь частично проникающие в диск, относятся к сферической подсистеме. Так, в корону Галактики входят отдельные звезды и шаровые звездные скопления.

Галактика вращается вокруг своей оси, перпендикулярной плоскости ее диска. Все звезды, включая Солнце, участвуют во вращении Галактики, причем чем дальше от центра Галактики, тем их вращение медленнее. Орбитальная скорость Солнца в Галактике равна примерно 220 км/с. Сравните: Земля движется вокруг Солнца со скоростью 30 км/с, а продолжительность «галактического года» — около 220 млн лет.

Ядро — самая загадочная область Галактики. Как выяснилось в последние годы, в нем могут находиться не только массивные звезды, но и сверхмассивная черная дыра. Почти доказано, что в ядре нашей Галактики есть сверхмассивная черная дыра, масса которой составляет порядка $3 \cdot 10^6$ масс Солнца. Учитывая большой интерес учащихся к черным дырам, в учебнике «Астрономия» Е. П. Левитана даются и сведения о звездных черных дырах, возникающих на конечных этапах жизни массивных звезд, и о сверхмассивных черных дырах. Подробнее о них можно прочитать в научно-популярной литературе (А. М. Черепашук, А. Д. Чернин. «Вселенная, жизнь, черные дыры», Е. П. Левитан. «Физика Вселенной» и др.) и журналах («Наука и жизнь», «Земля и Вселенная»).

У нашей Галактики есть спутники, самые крупные из которых Большое Магелланово Облако и Малое Магелланово Облако. Они показаны на таблице под схемой строения Галактики. В отличие от Галактики, представляющей собой гигантскую спиральную систему, Магеллановы Облака — это сравнительно небольшие галактики неправильной формы, находящиеся от Земли на расстоянии около 170 000 св. лет. В масштабах, которыми оперирует внегалактическая астрономия, эти расстояния малы, и именно поэтому астрономы имеют возможность детально исследовать Магеллановы Облака, украшающие небо Южного полушария Земли. Большое Магелланово Облако расположено в

созвездия Золотой Рыбы, Малое Магелланово Облако — в созвездии Тукана. Оба Облака видны невооруженным глазом.

Таблица 10. Другие галактики

Подобно тому как Солнце является одной из звезд Галактики, наша Галактика — одна из множества галактик Вселенной. Мир галактик очень разнообразен. Галактики отличаются внешним видом, массой, размерами и свойствами (нормальные галактики, активные и т. д.). В центре данной таблицы — изображение туманности Андромеды, ближайшей к нам галактики (не считая спутников нашей Галактики). Люди издавна могли наблюдать туманное пятнышко (примерно пятой звездной величины) в созвездии Андромеды, но о его природе практически ничего не было известно до начала XX в. В начале XX в. американский астроном Э. Хаббл, в распоряжении которого находились самые крупные в то время телескопы-рефлекторы, выяснил, что это туманное пятнышко состоит из звезд и что туманность Андромеды совсем не туманность, а другая галактика. По наблюдениям цефеид в туманности Андромеды Хаббл впервые оценил расстояние до этой галактики, которое впоследствии было уточнено. По современным данным, оно составляет около 2,4 млн св. лет. Диаметр диска этой галактики около 200 000 св. лет, т. е. туманность Андромеды примерно в два раза больше, чем галактика Млечный Путь. Астрономы внимательно изучают туманность Андромеды, потому что это не только самая близкая к нам самостоятельная галактика, но и галактика, очень похожая на нашу. Она (как и галактика Млечный Путь) имеет диск, спиральную структуру, ядро, те же виды звездных скоплений и туманностей, межзвездную пыль и газ, а также спутники, представляющие собой карликовые галактики. Весьма вероятно, что в ядре этой галактики есть сверхмассивная черная дыра, масса которой равна $5 \cdot 10^6$ масс Солнца.

Фотографий нашей Галактики нет, но есть множество фотографий туманности Андромеды, рассматривая которые можно представить себе, как выглядит наша Галактика.

Слева на таблице даны изображения основных типов галактик — спиральных, эллиптических и неправильных. Типичные представители спиральных галактик (наиболее многочисленного типа) — Млечный Путь и туманность Андромеды. Эллиптические галактики имеют форму эллипсоидов без резких границ. К числу неправильных галактик обычно относят Магеллановы Облака, хотя в одном из них все-таки обнаружены следы спиральной структуры.

Справа на таблице даны примеры некоторых активных внегалактических объектов (квазара, радиогалактики Центавр А) и взаимодействующих галактик. Активные галактики проявляют себя благодаря мощному радиоизлучению. Кроме того, у них наблюдаются рентгеновское и ультрафиолетовое излучение. В активных галактиках происходит движение газа со скоростями в десятки тысяч километров в секунду и наблюдаются мощные выбросы вещества. Примеры наиболее изученных активных галактик — радиогалактики в созвездиях Лебедя, Центавра и Девы. Предполагают, что в ядре радиогалактики в созвездии Девы (расстояние 60 млн св. лет) находится одна из самых больших сверхмассивных черных дыр, которая по массе может превосходить Солнце не в миллионы, а в миллиарды раз.

В 60-е гг. XX в. были открыты квазары — звездоподобные источники радиоизлучения. Квазары оказались самыми далекими объектами. Расстояние до наиболее удаленных составляет порядка 10 млрд св. лет, т. е. самые далекие квазары видны вблизи границ Метагалактики. С таких расстояний можно наблюдать только ярчайшие объекты. Светимость квазара в оптическом диапазоне в сотни раз превышает светимость обычной галактики, состоящей из многих миллиардов звезд. Массы квазаров в миллионы раз больше, чем масса Солнца, а их размеры порядка светового года. Скорее всего, квазары представляют собой чрезвычайно активные ядра очень далеких галактик, содер-

жащих, возможно, сверхмассивные черные дыры. Являясь самыми далекими внегалактическими объектами, квазары, участвуя в расширении Вселенной, движутся от нас со скоростями, достигающими сотен тысяч километров в секунду. Открытый Э. Хабблом закон, согласно которому скорость удаления галактик возрастает пропорционально расстоянию от галактик, справедлив не для всех галактик. Например, отклонения от него наблюдаются у самых близких к нам галактик: туманность Андромеды не удаляется, а приближается к нам, грозя через несколько миллиардов лет «столкнуться» с Млечным Путем...

Взаимодействующие галактики представляют собой галактики, которые, находясь на небольшом расстоянии друг от друга, изменяют свой вид. В результате взаимного гравитационного влияния он искажается, появляются перемычки, хвосты. В отдельных случаях неосторожное сближение галактик может привести даже к их разрушению и поглощению («галактический каннибализм»).

Наша Галактика, туманность Андромеды и некоторые другие галактики входят в Местную систему (группу) галактик. Огромное число галактик входит в состав скоплений и сверхскоплений галактик. Сверхскопления содержат тысячи галактик и простираются на десятки мегапарсек. Ими завершается иерархия космических систем. Все доступные астрономическим наблюдениям галактики, их скопления и сверхскопления — это и есть наша Вселенная, или Метагалактика.

Содержание

Введение	3
Таблица 1. Солнечная система	4
Таблица 2. Планеты-гиганты	5
Таблица 3. Планеты земной группы	8
Таблица 4. Луна	11
Таблица 5. Малые тела Солнечной системы	13
Таблица 6. Солнце	17
Таблица 7. Строение Солнца	19
Таблица 8. Звезды	22
Таблица 9. Наша Галактика	26
Таблица 10. Другие галактики	28