



АСТРОНОМИЯ

Учебное пособие

Залесский Л.Б;

Залесский М.Л.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
ПРЕДМЕТ АСТРОНОМИИ	4
ДВИЖЕНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ	6
МЕТОДЫ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	9
Почему телескоп не увеличивает звезд?	13
Как измерили поперечники звезд?	15
Как взвесили Землю?	16
ПРИРОДА ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	19
Планеты при дневном свете	39
СОЛНЦЕ И ЗВЁЗДЫ	44
Происхождение вселенной	44
Космонавтика	54
НАША ГАЛАКТИКА	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
Список рекомендуемой литературы	72

ВВЕДЕНИЕ

Зависимость человека от неба, его света, тепла и грозных сил обусловила формирование отдельного блока наук, посвященных мегамиру.

Что представляет собой планета Земля, каково её место во Вселенной, меняется ли то и другое во времени – эти вопросы во все времена интересовали ученых. Сформулированная несколькими поколениями древнегреческих ученых в V в. до н. э. – II в. н. э. геоцентрическая модель (Анаксимандр – Птолемей) сменилась в XVI в. гелиоцентрической (Н. Коперник), И. Кеплер вывел первые соотношения небесной механики, Г. Галилей, вооруженный телескопом, сделал сразу несколько сенсационных открытий в космическом пространстве от Луны до Юпитера, за что чуть не поплатился жизнью, как Д. Бруно. Так, за два тысячелетия сложилась картина мира, в первую очередь, Солнечной системы. И только революционная теория XX в. – теория относительности – позволила сделать безумное заключение, что Вселенная образовалась почти из ничего, а астрономы-наблюдатели, постигшие математику неба, доказали, что Вселенная рождена взрывом и до сих пор расширяется. Но и в космогонии, и в астрономии современная наука сделала неожиданные открытия, ибо работами К. Циолковского и его последователей в США и Германии, самоотверженным трудом советских ученых и инженеров человеку был открыт путь в космос. Шаг, сделанный 4 октября 1957 года запуском нашего первого Спутника, – самый смелый и наукоемкий в истории, так как он стал итогом экспоненциального развития целого пакета естественных и технических наук. Ближайшие космические окрестности Земли – Луна и планеты Солнечной системы – стали ближе и понятнее. Скорее всего, при жизни нынешнего поколения землян полеты туда станут обычным делом.

ПРЕДМЕТ АСТРОНОМИИ

*Астрономия*¹ - наука, изучающая движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем. Накопленные ею знания применяются для практических нужд человечества.

Астрономия – счастливая наука: она, по выражению французского ученого Араго, не нуждается в украшениях. Достижения ее настолько захватывают, что не приходится прилагать особых забот для привлечения к ним внимания. Однако наука о небе состоит не только из удивительных откровений и смелых теорий. Ее основу составляют факты обыденные, повторяющиеся изо дня в день. Люди, не принадлежащие к числу любителей неба, в большинстве случаев довольно смутно знакомы с этой прозаической стороной астрономии и проявляют к ней мало интереса, так как трудно сосредоточить внимание на том, что всегда перед глазами.

Астрономия является одной из древнейших наук, она возникла на основе практических потребностей человека и развивалась вместе с ними. Элементарные астрономические сведения были известны уже тысячи лет назад в Вавилоне, Египте, Китае и применялись народами этих стран для измерения времени и ориентировки по сторонам горизонта.

И в наше время астрономия используется для определения точного времени и географических координат (в навигации, авиации, космонавтике, геодезии, картографии). Астрономия помогает исследованию и освоению космического пространства, развитию космонавтики и изучению нашей планеты из космоса. Но этим далеко не исчерпываются решаемые ею задачи.

Наша Земля является частью Вселенной. Луна и Солнце вызывают на ней приливы и отливы. Солнечное излучение и его изменения влияют на процессы в земной атмосфере и на жизнедеятельность организмов. Механизмы влияния различных космических тел на Землю также изучает астрономия.

Курс астрономии завершает физико-математическое и естественнонаучное образование, получаемое вами в школе.

Современная астрономия тесно связана с математикой и физикой, с биологией и химией, с географией, геологией и космонавтикой. Используя

¹ (Это слово происходит от двух греческих слов: *астрон* - светило, звезда *иномос* - закон.)

достижения других наук, она в свою очередь обогащает их, стимулирует их развитие, выдвигая перед ними все новые задачи.

Изучая астрономию, необходимо обращать внимание на то, какие сведения являются достоверными фактами, а какие - научными предположениями, которые со временем могут измениться.

Астрономия изучает в космосе вещество в таких состояниях и масштабах, какие неосуществимы в лабораториях, и этим расширяет физическую картину мира, наши представления о материи. Все это важно для развития диалектико-материалистического представления о природе.

Предвычисляя наступление затмений Солнца и Луны, появление комет, показывая возможность естественнонаучного объяснения происхождения и эволюции Земли и других небесных тел, астрономия подтверждает, что предела человеческому познанию нет.

В прошлом веке один из философов-идеалистов, доказывая ограниченность человеческого познания, утверждал, что, хотя люди и сумели измерить расстояния до некоторых светил, они никогда не смогут определить химический состав звезд. Однако вскоре был открыт спектральный анализ, и астрономы не только установили химический состав атмосфер звезд, но и определили их температуру. Несостоятельным оказались и многие другие попытки указать границы человеческого познания. Так, ученые сначала теоретически оценили температуру лунной поверхности, затем измерили ее с Земли при помощи термоэлемента и радиометодов, потом эти данные были подтверждены приборами автоматических станций, созданных и посланных людьми на Луну.

ДВИЖЕНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Правильное понимание наблюдаемых небесных явлений складывалось веками. Вы знаете о зарождении астрономии в Древнем Египте и Китае, о более поздних достижениях древнегреческих ученых, о наблюдениях жрецов и об их ложных представлениях о природе, об использовании ими знаний для собственной выгоды. Жрецы создали астрологию – ложное учение о влиянии планет на характер и судьбы людей и народов и о мнимой возможности предсказывать судьбу по расположению светил.

Геоцентрическая система мира, разработанная во II в. н. э. древнегреческим ученым *Клавдием Птолемеем*. Он в центр мира "поставил" хотя и шарообразную, но неподвижную Землю, вокруг которой обращались все остальные светила. Видимое петлеобразное движение планет Птолемею объяснил сочетанием двух равномерных круговых движений: движением самой планеты по малой окружности и обращением центра этой окружности вокруг Земли. Однако по мере накопления данных наблюдений о движении планет теория Птолемея требовала все больших усложнений, которые делали ее громоздкой и неправдоподобной. Очевидная искусственность все усложняющейся системы и отсутствие достаточного согласия между теорией и наблюдениями требовали ее замены. Это и было сделано в XVI в. великим польским ученым *Николаем Коперником* (1473-1543). Коперник доказал, что Земля – одна из многих планет.

Галилео Галилей (1564-1642), один из первых направивший телескоп на небо, правильно истолковал свои открытия как подтверждения теории Коперника. Так, Галилей открыл фазы у Венеры. Он нашел, что такая их смена возможна лишь в том случае, если Венера обращается вокруг Солнца, а не вокруг Земли. На Луне Галилей обнаружил горы и измерил их высоту. Оказалось, что между Землей и небесными телами нет принципиального различия: например, горы, подобные горам на Земле, существовали и

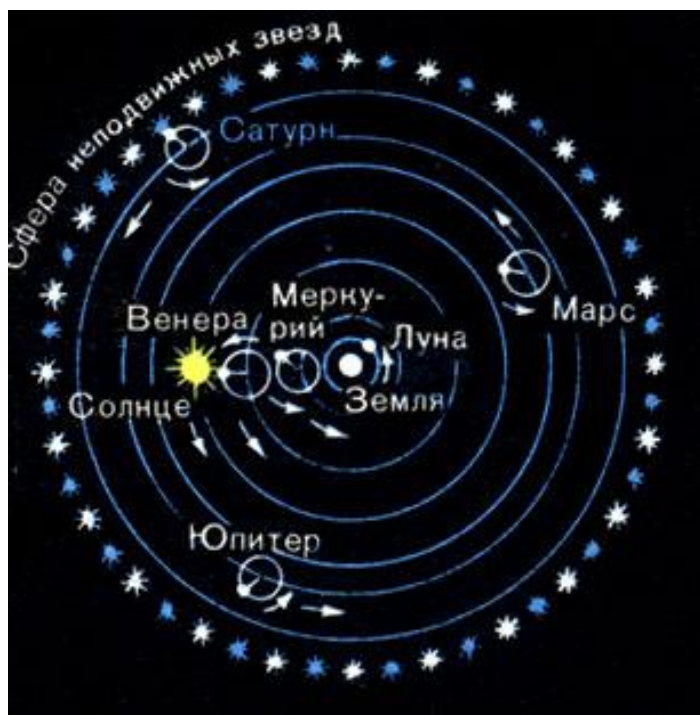


Рис. Система Мира по Птолемею

на небесном теле. И становилось легче поверить, что Земля - это лишь одно из таких тел.

У планеты Юпитер Галилей открыл четыре спутника. Их обращение вокруг Юпитера опровергло представление о том, что лишь Земля находится в центре вращения. На Солнце Галилей обнаружил пятна и по их перемещению заключил, что Солнце вращается вокруг своей оси. Существование пятен на Солнце, считавшемся эмблемой "небесной чистоты", тоже опровергло идею о будто бы принципиальном различии между земным и небесным.

Исаак. Ньютон (1643-1727) установил закон всемирного тяготения, описывающий взаимодействие, определяющее движение небесных тел - гравитационное. По этому закону, как вы уже знаете из курса физики, все тела во Вселенной притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

здесь m_1 и m_2 - массы двух тел, r - расстояние между ними, а G - коэффициент пропорциональности, называемый грави-

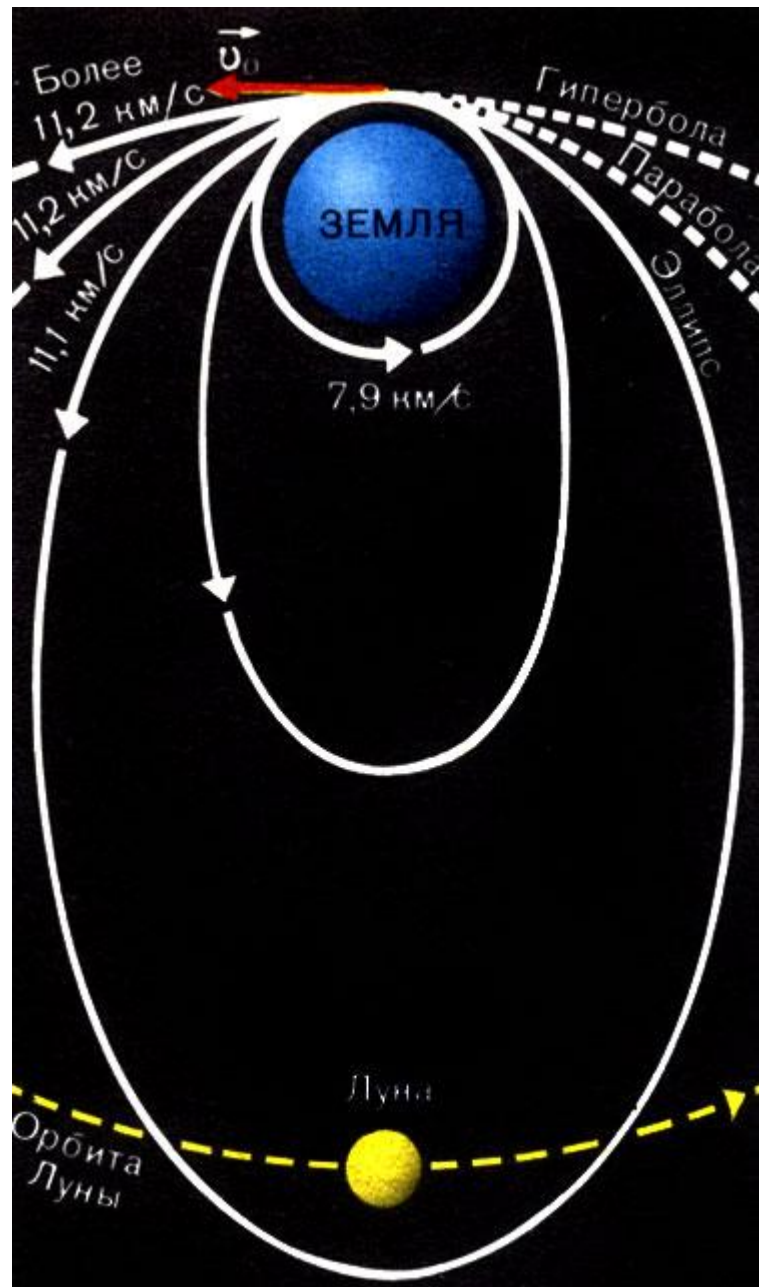


Рис. Зависимость формы орбиты от скорости объекта

тационной постоянной. Его численное значение зависит от единиц, в которых выражены сила, масса и расстояние. Закон всемирного тяготения объясняет движение планет и комет вокруг Солнца, движение спутников вокруг планет, двойных и кратных звезд вокруг их общего центра масс.

Ньютон доказал, что под действием взаимного тяготения тела могут двигаться друг относительно друга по *эллипсу* (в частности, по *кругу*), по *параболе* и о *гиперболе*. Ньютон установил, что *вид орбиты, которую описывает тело, зависит от его скорости в данном месте орбиты*

При некоторой скорости тело описывает *окружность* около притягивающего центра. Такую скорость называют первой космической или круговой скоростью, ее сообщают телам, запускаемым в качестве искусственных спутников Земли по круговым орбитам. (Вывод формулы для вычисления первой космической скорости известен из курса физики.) Первая космическая скорость вблизи поверхности Земли составляет около 8 км/с (7,9 км/с). Если телу сообщить скорость, в $\sqrt{2}$ раза большую круговой (11,2 км/с), называемую второй космической или параболической скоростью, то тело навсегда удалится от Земли и может стать спутником Солнца. В этом случае движение тела будет происходить по *параболе* относительно Земли. При еще большей скорости относительно Земли тело полетит по гиперболе. Двигаясь по параболе или *гиперболе*, тело только однажды огибает Солнце и навсегда удаляется от него.

Средняя скорость движения Земли по орбите 30 км/с. Орбита Земли близка к окружности, следовательно, скорость движения Земли по орбите близка к круговой на расстоянии Земли от Солнца. Параболическая скорость на расстоянии Земли от Солнца равна $30\sqrt{2}$ км/с ≈ 42 км/с. При такой скорости относительно Солнца тело с орбиты Земли покинет Солнечную систему.

МЕТОДЫ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Почти 400 лет назад – в 1608 году – появился **первый телескоп**.

"Прибор для смотрения вдаль" изобрел голландский шлифовщик очковых линз Ханс Липпергей. Великий Галилео Галилей услышал о "чудесных трубах" в Венеции в 1609 году и, вернувшись в Падую, где он преподавал в университете, без промедления изготовил аналогичный прибор и сразу же сделал эпохальные открытия – обнаружил горы на Луне, 4 спутника Юпитера; установил, что Млечный Путь является скоплением звезд и зарегистрировал пятна на Солнце. Название "телескоп" появилось в апреле 1611 года.

В 1669 г. Джованни Доменико (Жан Доминик) Кассини основал и стал директором **Парижской обсерватории**. Он открыл вращение Юпитера и Марса, 4 спутника Сатурна — Япет (1671), Рею (1672), Тетис и Диону (1684) — и темный промежуток в его кольце (деление, или "щель", Кассини).

Гринвичская обсерватория создана в 1675 г. усилиями первого королевского астронома Англии Джона Флемстида, который и стал её первым директором.

В конце 60-х годов XX в. на секретном оборонном заводе в Подмосковье был изготовлен из малорасширяющегося ситалла самый большой в мире оптический **телескоп с диаметром зеркала 6 метров**. Отливка зеркала потребовала разработки специального состава ситалла, постройки специальной стекловаренной печи, многомесячного охлаждения-отжига многотонной линзы, длительной доводки оптической поверхности, конструирования специального прицепа для перевозки зеркала на Кавказ, строительства новой дороги в горах к месту установки телескопа. Тридцать лет наш телескоп БТА не имел конкурентов в мире.

Новый **телескопический прибор** Европейской южной обсерватории (ЕЮО), расположенный в чилийской пустыне Атакама, на горе Сьерро-Паранал, быстро набирает силу. Летом 1998 г. вступил в строй первый из телескопов с диаметром главного монолитного зеркала 8,2 м. Строительство еще трех таких же телескопов было завершено в 2001 г. Вся гигантская система состоит из четырех 8-метровых и трех 2-метровых телескопов. Только со временем станет ясно, смогут ли они работать совместно как единый "многоглазый" инструмент, достойный своего названия – Очень большой телескоп (Very Large Telescope, VLT). Однако и сейчас уже нет

сомнения в том, что проект оказался удачным: каждый из четырех огромных рефлекторов, даже работая в одиночку, даст астрономам уникальный материал. В этом убеждает высокое качество работы первого инструмента, на котором пока даже не закончены наладочные работы. Полученные на нем первые же снимки небесных объектов показали превосходное качество оптики и конструкции телескопа.

Однако качественное изображение объекта – лишь полдела для современного телескопа. Этот объект нужно исследовать в первую очередь спектральными методами. Новый телескоп будет снабжен несколькими штатными спектральными приборами. Осенью 1998 г. прошел приемные испытания первый из них – FORS (Focal Reducer / Low Dispersion Spectrograph), содержащий большой набор оптических элементов для всестороннего анализа света. Используя обычные светофильтры, он способен получать одноцветные изображения небесных объектов в широких спектральных диапазонах, а с помощью интерференционных светофильтров может дать изображение туманности или галактики в отдельной спектральной линии какого-либо химического элемента. Прибор снабжен также замысловатой комбинацией дифракционной решетки и призмы – так называемой гризмой (grism – от grating и prism), в которой штрихи дифракционной решетки нанесены на одну из граней призмы – таким образом взаимно компенсируются некоторые недостатки (абберации), вносимые в изображение спектра каждым из этих элементов в отдельности.

В первую же испытательную ночь FORS продемонстрировал свои многоцветные возможности, получив за 10,5 мин три изображения хорошо известной любителям астрономии планетарной туманности "Гантель" (M 27, NGC 6853). Она находится в созвездии Лисички и удалена от Солнца примерно на 1000 световых лет. Первый ее снимок был сделан с экспозицией 5 мин в зеленой линии излучения дважды ионизованного кислорода ($[O^{III}]$, 501 нм) при спектральной ширине фильтра 6 нм. Второй снимок, также с экспозицией 5 мин, получен в красной линии излучения водорода (H_{α} , 656 нм) при столь же узкой полосе фильтра. А третий снимок с экспозицией 30 с сделан в довольно широком спектральном интервале (88 нм), в синей области спектра (429 нм). Сложив с помощью компьютера три изображения, астрономы получили чрезвычайно выразительный цветной портрет этой туманности, демонстрирующий ее объемную структуру.

Любопытно сравнить этот снимок с рисунком той же туманности M27, сделанным два столетия назад В. Гершелем. Сначала он думал, что туманности состоят из диффузного, незвездного вещества. Но наблюдения "Гантели", на фоне которой видны как яркие, так и слабые звезды, убедили его, что это "далекое кометообразное звездное скопление", которое для наблюдателя выглядит как смесь "разрешаемых" (близких) и "неразрешаемых" (более далеких) звезд. Хотя с помощью новой техники наблюдатели неизмеримо улучшили качество изображений далеких объектов и в целом поняли их природу, еще многое в эволюции планетарных туманностей остается для астрономов загадкой.

Прибор FORS продемонстрировал способность получать спектры сразу нескольких различных объектов. В прошлом, когда объективы телескопов были невелики, а светочувствительность фотопластинок – невысокой, регистрация спектра одной слабой звезды или галактики растягивалась на многие часы. Уже тогда возникла мысль получать одновременно спектры нескольких объектов, попадающих в поле зрения телескопа. Попытки реализовать ее, например, с помощью призмы, помещенной перед объективом телескопа, давали результат среднего качества. С появлением крупных телескопов от этой идеи вообще отказались – где найдешь призму, перекрывающую зеркало телескопа диаметром 5–10 метров? К тому же возникла новая идея: с помощью световодов "выхватывать" из полученного телескопом изображения свет нужных звезд и направлять его в щель спектроскопа. Так были созданы спектроскопы, похожие на осьминогов, с вытянутыми к фокусу телескопа "щупальцами"-световодами. Один из таких приборов даже был назван "Oortopus", хотя он со своими глазами-щупальцами больше ассоциируется с улиткой, чем с осьминогом (по-англ. – oortopus).

Итак, до создания высокоэффективного "разумного" спектрографа оставался последний шаг: научить "осьминога" двигать "щупальцами", чтобы быстро переводить "взгляд" с одной серии объектов на другую. Ведь у современного телескопа с огромным зеркалом и высокочувствительными приемниками света экспозиция длится лишь несколько минут; поэтому перенастройка прибора с одного объекта на другой занимает изрядную долю бесполезного времени, если эта процедура не автоматизирована. Оснатив "многорукий" (или "многоглазый"?) спектрограф компьютером, астрономы добились высокой эффективности работы 8-метрового телескопа, каждый час эксплуатации которого стоит весьма недешево. Прибор FORS проде-

монстрировал способность получать одновременно спектры 19 звезд (или галактик), а затем самостоятельно и быстро наводиться на новую серию объектов. Поражает чувствительность нового прибора: детальные спектры 19 звезд, находящихся в Малом Магеллановом Облаке (соседней галактике!), были получены всего за 6 мин. Для этого прибора не проблема получить спектр объекта 25-й звездной величины, а ведь совсем недавно не удавалось даже просто регистрировать такие слабые объекты.

С помощью **японского** телескопа Subaru, который оборудован адаптивно-оптической системой, в 2002 г. удалось сделать очень эффектные фотографии Урана, его кольцевой системы и двух его спутников – Миранды и Ариэля. Эта фотография представляет собой комбинацию трех снимков, сделанных в ближнем ИК-диапазоне длин волн с тремя разными фильтрами, поэтому цвета на фотографии не такие, какими бы мы их увидели в видимом диапазоне длин волн.

Нужно заметить, что и российские астрономы стараются использовать новые технологии: на нашем 6-метровом **телескопе БТА** Специальной астрофизической обсерватории РАН на Северном Кавказе тоже работает спектрограф-"осьминог", созданный энтузиастами на месте. И неплохо работает. Хотя наш гигантский телескоп уступил свое мировое первенство инструментам нового поколения, он остается в первых рядах лучших астрономических приборов и работающие с ним ученые в сложных бытовых и технических условиях создают современную технику.

Пришло время и заатмосферных телескопов, возможности которых не ограничиваются непрозрачностью и подвижностью атмосферы. В апреле 1990 г. США запустили в космос и привели в рабочее состояние первый космический телескоп, получивший имя в честь знаменитого астрофизика Э. Хаббла. Это рефлектор с диаметром зеркала 2,4 м и длиной корпуса почти 13 м. Он оснащен камерами для изучения дальнего космоса и с высоким разрешением позволяет рассмотреть сравнительно близкие объекты – планеты и их спутники и другие тела. Уже получены снимки сотен далеких галактик, нарождающихся и умирающих космических объектов.

В качестве примера приведем фрагмент из постоянно публикуемой хроники освоения космоса:

"08.10.1997 г. Самую яркую из всех ныне известных звезд открыли американские астрономы с помощью орбитального телескопа "Hubble" (20580 / 1990 037B). Ее размеры сопоставимы с диаметром земной орбиты,

а излучение в 10 миллионов раз сильнее излучения Солнца. В течение 6 секунд эта звезда излучает столько же энергии, сколько наше светило в течение года".

Для настройки, ремонта, замены узлов в 1994, 1997, 1999 и 2002 годах к телескопу стыковались американские космические аппараты. Готовится к запуску на смену "Хаббл" новый более мощный прибор.

Почему телескоп не увеличивает звезд?¹

Людей, впервые направляющих зрительную трубу на неподвижные звезды, поражает то, что труба, так заметно увеличивающая Луну и планеты, нисколько не увеличивает размеров звезд, даже уменьшает их, превращая в яркую точку, не имеющую диска. Это заметил еще Галилей, первый человек, взглянувший на небо вооруженным глазом.

Чтобы объяснить такое бессилие телескопа по отношению к звездам, придется напомнить кое-что из физиологии и физики зрения. Когда мы следим за удаляющимся от нас человеком, его изображение на сетчатке глаза становится все меньше. При достаточном удалении голова и ноги человека настолько сближаются на сетчатке, что попадают уже не на разные ее элементы (нервные окончания), но на один и тот же, и тогда человеческая фигура кажется нам точкой, лишенной очертаний. Назначение телескопа состоит в том, чтобы увеличить угол, под которым глаз видит предмет, или, что то же самое, растянуть изображение каждой детали предмета на несколько смежных элементов сетчатки. О телескопе говорят, что он «увеличивает в 100 раз», если угол, под которым мы видим предметы в этот телескоп, в 100 раз больше угла, под которым мы на том же расстоянии видим их простым глазом. Нетрудно рассчитать, что самая мелкая подробность, какую можно различить на расстоянии Луны в телескоп, увеличивающий в 1000 раз, имеет в поперечнике 110 м, а на расстоянии Солнца – 40 км. Но если тот же расчет сделать для ближайшей звезды, то получим огромную величину – 12 000 000 км.

Поперечник нашего Солнца меньше этой величины в 8½ раз. Значит, перенесенное на расстояние ближайшей звезды, Солнце наше должно казаться точкой даже в телескоп с 1000-кратным увеличением. Ближайшая звезда должна обладать объемом, в 600 раз большим Солнца, чтобы силь-

¹ Материал для дополнительного чтения

ные телескопы могли показать ее диск. На расстоянии Сириуса звезда должна для этого быть больше Солнца по объему в 5000 раз. Так как большинство звезд расположено гораздо дальше сейчас упомянутых, а размеры их в среднем не превышают в такой степени размеров Солнца, то звезды и в сильные телескопы представляются нам точками.

«Ни одна звезда на небе, – говорит Джине, – не имеет большего углового размера, чем булавочная головка с расстояния в 10 км, и нет еще такого телескопа, в который предмет столь малых размеров был бы виден, как диск». Напротив, крупные небесные тела, входящие в состав нашей солнечной системы показывают при наблюдении в телескоп свои диски тем крупнее, чем больше увеличение. Но, как мы уже имели случай упомянуть, астроном встречается здесь с другим неудобством: вместе с увеличением изображения ослабевает его яркость (вследствие распределения потока лучей на большую поверхность), слабая же яркость затрудняет различение подробностей. Потому при наблюдении планет и особенно комет приходится пользоваться лишь умеренными увеличениями телескопа.

Читатель, пожалуй, задаст вопрос: если телескоп не увеличивает звезд, то зачем же употребляют его при их наблюдении? Телескоп бессильен увеличивать видимые размеры звезд, но он усиливает их яркость, а следовательно, умножает число звезд, доступных зрению.

Второе, что достигается благодаря телескопу, это разделение тех звезд, которые представляются невооруженному глазу сливающимися в одну. Телескоп не может увеличивать видимого поперечника звезд, но увеличивает видимое расстояние между ними. Поэтому телескоп открывает нам двойные, тройные и еще более сложные звезды там, где невооруженный глаз видит одиночную звезду. Звездные скопления, для простого глаза сливающиеся за дальностью расстояния в туманное пятнышко, а в большинстве случаев и вовсе невидимые, рассыпаются в поле телескопа на многие тысячи отдельных звезд.

И, наконец, третья услуга телескопа при изучении мира звезд состоит в том, что он дает возможность измерять углы с поразительной точностью: на фотографиях, полученных с современными большими телескопами, астрономы измеряют углы величиной в $0",01$. Под таким углом усматривается копейка с расстояния 300 км или человеческий волос с расстояния 100 м!

Как измерили поперечники звезд?

В самый сильный телескоп, как мы сейчас объяснили, нельзя увидеть поперечники неподвижных звезд. До недавнего времени все соображения о том, каковы размеры звезд, были только догадками. Допускали, что каждая звезда в среднем примерно такой же величины, как наше Солнце, но ничем не могли подкрепить этой догадки. И так как для различения звездных диаметров необходимы более мощные телескопы, чем самые сильные телескопы нашего времени, то задача определения истинных диаметров звезд казалась неразрешимой.

Так обстояло дело до 1920 г., когда новые приемы и орудия исследования открыли астрономам путь к измерению истинных размеров звезд. Мы сейчас изложим сущность способа, основанного на явлении интерференции света.

Чтобы уяснить принцип, на котором основан этот метод измерений,



Рис. Схема установки, поясняющей устройство прибора интерферометра для измерения угловых диаметров звезд

произведем опыт, требующий несложных средств: небольшого телескопа, дающего увеличение в 30 раз, и находящегося на расстоянии 10—5 м от него яркого источника света, загороженного экраном с очень узкой (несколько десятых долей миллиметра) вертикальной щелью. Объектив закроем непрозрачной

крышкой с двумя круглыми отверстиями около 3 мм в диаметре, расположенными симметрично относительно центра объектива на расстоянии 15 мм друг от друга. Без крышки щель в телескоп имеет вид узкой полосы со

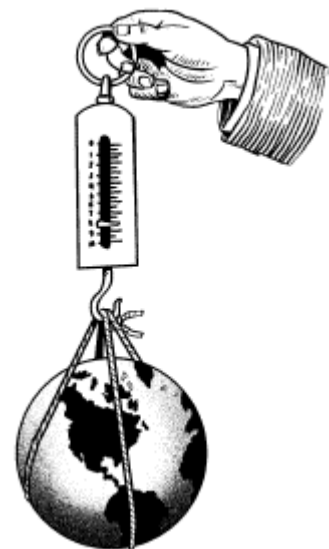
значительно более слабыми полосками по бокам. При наблюдении же с крышкой центральная яркая полоса представляется исчерченной вертикальными темными полосами. Эти полосы появились как следствие взаимодействия (интерференции) двух световых пучков, прошедших сквозь два отверстия в крышке объектива. Если закрыть одно из отверстий, – полоски исчезнут. Если отверстия перед объективом сделать подвижными, так что расстояние между ними можно будет изменять, то по мере их раздвижения темные полоски будут становиться все менее яркими и, наконец, исчезнут. Зная расстояние между отверстиями в этот момент, можно определить угловую ширину щели, т. е. угол, под которым видна ширина щели наблюдателю. Если же знать расстояние до самой щели, то можно вычислить ее действительную ширину. Если вместо щели у нас будет маленькое круглое отверстие, то способ определения ширины такой «круглой щели» (т. е. диаметра кружка) остается тем же самым, надо лишь полученный угол умножить на 1,22.

Помимо работы описанным инструментом, интерферометром, есть и другой, более околный способ оценки истинного диаметра звезд, основанный на исследовании их спектров.

По спектру звезды астроном узнает ее температуру, а отсюда вычисляет величину излучения 1 см^2 ее поверхности. Если, кроме того, известны расстояние до звезды и ее видимый блеск, то определяется и величина излучения всей ее поверхности. Отношение второй величины к первой дает размер поверхности звезды, а значит, и ее диаметр. Таким образом, найдено, например, что поперечник Капеллы в 16 раз больше солнечного, Бетельгейзе – в 290 раз, Альдебарана – в 48 раз, Арктура – в 30 раз, Сириуса – в 2 раза, Беги – в $2\frac{1}{2}$ раза, а поперечник спутника Сириуса составляет 0,02 солнечного.

Как взвесили Землю?

Если говорить серьезно, то наиболее удивительным достижением астрономов должно, вероятно, казаться то что им удалось *взвесить* и Землю, на которой мы живем, и далекие небесные светила. В самом деле: каким способом, на каких весах могли взвесить Землю и небо? Начнем со взвешивания Земли. Прежде всего отдадим себе отчет, что следует понимать под словами «вес земного шара». Весом тела мы называем давление, которое оно ока-



зывает на свою опору, или натяжение, которое оно производит на точку привеса. Ни то, ни другое к земному шару неприменимо: Земля ни на что не опирается, ни к чему не привешена. Значит, в таком смысле земной шар не имеет веса. Что же определили ученые, «взвесив» Землю? Они определили ее массу. В сущности, когда мы просим отвесить нам 1 кг сахара, нас несколько ведь не интересует сила, с какой этот сахар давит на опору или натягивает нить привеса. В сахаре нас интересует другое: мы думаем лишь о том, сколько стаканов чая можно с ним выпить, другими словами, нас интересует количество заключающегося в нем вещества.

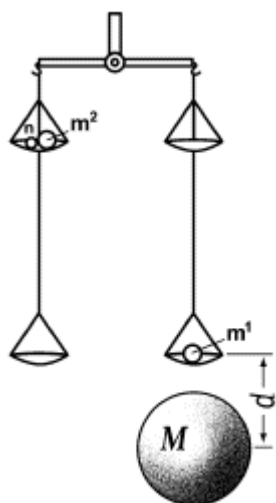


Рис. Весы Йолли

Но для измерения количества вещества существует только один способ: найти, с какой силой тело притягивается Землей. Мы принимаем, что равным массам отвечают равные количества вещества, а о массе тела судим только по силе его притяжения, так как притяжение пропорционально массе.

Переходя к весу Земли, мы скажем, что «вес» ее определится, если станет известна ее масса; итак, задачу определения веса Земли надо понимать как задачу исчисления ее массы.

Опишем один из способов ее решения (способ Йолли, 1871). На рис. вы видите очень чувствительные чашечные весы, в которых к каждому концу коромысла подвешены две легкие чашки: верхняя и нижняя. Расстояние от верхней до нижней 20–25 см. На правую нижнюю чашку кладем сферический груз массой m_v . Для равновесия на левую верхнюю чашку положим груз m_m . Эти грузы не равны, так как, находясь на разной высоте, они с разной силой притягиваются Землей. Если под правую нижнюю чашку подвести большой свинцовый шар с массой M , то равновесие весов нарушится, так как масса m_l будет притягиваться массой свинцового шара M с силой F_v пропорциональной произведению этих масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния d , разделяющего их центры (закон Всемирного тяготения)

Чтобы восстановить нарушенное равновесие, положим на верхнюю левую чашку весов малый груз массой n . Сила, с которой он давит на чашку

весов, равна его весу, т. е. равна силе притяжения этого груза массой всей Земли. Эта сила F равна

$$F' = k \frac{nM_{\oplus}}{R^2},$$

где M_{\oplus} — масса Земли, а R — ее радиус.

Пренебрегая тем ничтожным влиянием, которое присутствие свинцового шара оказывает на грузы, лежащие на верхней левой чашке, мы можем написать условие равновесия в следующем виде:

$$F = F' \text{ или } \frac{m_1 M}{d^2} = \frac{n M_{\oplus}}{R^2}.$$

В этом соотношении все величины, кроме массы Земли, могут быть измерены. В описанном опыте $M = 5775,2$ кг, $R = 6366$ км, $d = 56,86$ см, $m_1 = 5,00$ кг и $n = 589$ мг.

В итоге масса Земли оказывается равной $6,15 * 10^{24}$ кг.

Современное определение массы Земли, основанное на большом ряде измерений, дает $5,974 * 10^{24}$ кг, т. е. около 6 тысяч триллионов тонн. Возможная ошибка определения этой величины не более 0,1 %.

ПРИРОДА ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Солнечная система представляет собой часть галактики Млечный Путь, включающую, помимо центрального светила Солнца, 10 планет, около 100 их спутников, более 2000 малых бесформенных планет – астероидов, миллионы метеоритов и комет и несчетное количество мелких, вплоть до пылевых, космических тел.



Возраст Солнечной системы был определен учёными на основании лабораторного изотопного анализа земных скальных пород, а также метеоритов и доставленных на Землю космическими аппаратами образцов лунного грунта. Оказалось, что наиболее старые из них имеют возраст около 4,5 млрд лет. Поэтому считается, что все планеты сформировались приблизительно в одно время – 4,5–5 млрд лет тому назад.

До XVII века было известно шесть планет, видимых невооруженным глазом. С появлением телескопов начались открытия: в 1781 году была обнаружена седьмая планета Уран, в 1846-м – Нептун, а в 1930-м – Плутон. Последний формально считается девятой планетой Солнечной системы, хотя его орбита вытянута и временами он подходит к Солнцу ближе Нептуна, то есть становится восьмой планетой.

Все планеты Солнечной системы разбиты на две группы. Ближайшие к Солнцу четыре планеты земной группы имеют сравнительно небольшой диаметр (4865–12472 километра). Следующие четыре – это газовые гиганты (диаметр Нептуна, наименьшего из них, составляет 49500 километров). Если исходить из того, что Солнечная система появилась в результате взрыва сверхновой – первичной звезды, предшественницы Солнца, становится понятным разделение планет на две группы – внутренние (Меркурий, Венера, Земля и Марс) и внешние (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун). Кардинальное отличие элементного состава внешних планет связано с тем, что в далеких от Солнца частях облака, где температура была низкой, и все вещества, кроме водорода и гелия, были в виде твердых частиц. Среди них преобладали метан, аммиак и вода, определившие состав Урана и Нептуна.

В составе самых массивных планет Юпитера и Сатурна оказалось значительное количество газов.

В области планет земной группы температура была значительно выше, и все летучие вещества остались в газообразном состоянии и, следовательно, в состав планетных тел не вошли. Планеты этой группы сформировались в основном из силикатов и металлов.

Специфическое положение занимает 9-я планета Плутон, о чем будет сказано ниже.

Солнце – это ординарная карликовая желтая звезда на окраине Галактики. Оно дает нам всю ту энергию, которая движет земную эволюцию. Уголь и нефть – наши основные энергопоставщики – представляют собой "законсервированное" солнечное излучение. На Землю попадает одна двухмиллиардная часть излучаемой Солнцем энергии. Но если брать не галактические, а наши земные мерки, то Солнце – явление грандиозное. Его диаметр 1 миллион 396 тысяч километров. Температура в центре Солнца – 20 млн градусов. Каждую секунду Солнце теряет в виде излучения 4 млн тонн. Мы знаем о Солнце много. Но не знаем еще больше. Непонятно, почему у Солнца есть магнитное поле. Активность Солнца меняется, на его поверхности появляются темные пятна, размерами во много раз превосходящие Землю. Порой на сотни тысяч километров над поверхностью Солнца поднимаются гигантские протуберанцы. Если бы Земля попала в такой протуберанец, на ней мгновенно выкипели бы все океаны.

Равновесие нашего светила поддерживается благодаря борьбе гравитации и светового давления. Не будь этих сил, потоки квантов, рождающихся в его недрах, взорвали бы Солнце и разнесли его по всей нашей галактике. Не будь светового давления, мощное притяжение сдавило бы массу звезды к центру. Таким образом, если Солнце будет остывать, то начнет сжиматься под действием сил гравитации и станет белым карликом. Впоследствии оно превратится просто в планету земной природы.

Теорию продолжительности жизни и эволюции звезд, зависимость финала их существования от размеров разработал Я.Б. Зельдович.

Большие звезды живут меньше. Звезда, имеющая массу в 10 солнечных масс, живет всего около 100 млн лет. Звезды, масса которых всего на 20 % меньше солнечной, сжимаются в конце своей эволюции до диаметра 10 км и превращаются в нейтронные.

Вернемся к нашему реальному Солнцу.

В исторической памяти человечества остались многие удивительные явления, связанные с Солнцем. В год смерти Юлия Цезаря Солнце стало бледным, атмосфера похолодела, наблюдалось недоразвитие плодов. Было и такое, что замерзало даже Черное море, и по нему ездили на санях.

Известно, что одним из постулатов науки является повторяемость результата. Казалось бы, скорость осаждения в коллоидном растворе оксихлорида висмута – простая, предельно отработанная и в высшей степени стабильная реакция. Но когда ее попробовали делать в разное время с предельной точностью измерения скорости, скорость оказалась зависящей от солнечной активности. От нее зависят многие физиологические процессы, в том числе реакция оседания эритроцитов, реакция флоккуляции альбуминов – белков крови. Врачи считали кровь постоянной по составу, установили нормативы на содержание кровяных телец. Но если к концу XIX века нормой содержания лейкоцитов считалось 8–12 тысяч, то через 100 лет содержание лейкоцитов сократилось у всех жителей Земли до 2–4 тысяч. В периоды вспышек на Солнце резко меняется состав крови. Влияние на кровь оказывают не только столетние циклы солнечной активности, но и годовые и суточные. Кровь постоянно меняется.

Ранее было установлено, что климатические процессы – ледники, потепление, повторяемость тайфунов и землетрясений – связаны с Солнцем. С 11-летним и вековыми циклами Солнца связана степень ледовитости Арктики и Антарктики, колебания уровня океанов. Максимальные значения энергии землетрясений приходятся на годы максимумов солнечной активности. Именно в годы активного Солнца было самое большое на памяти человечества извержение вулкана Кракатау, эквивалентное взрыву многих водородных бомб. Вспышки эпидемий, нашествия саранчи строго следуют за Солнцем. Важнейшие положения солнечно-земных связей раскрыты в трудах А.Л. Чижевского, основателя **гелиобиологии**.

Началом современной космологии применительно к **Солнечной системе** являются постулаты Коперника и Кеплера. Если Коперник показал взаимоположение планет и Солнца, **Законы Кеплера** – три закона движения планет, открытые немецким астрономом **И. Кеплером**, от которых началась теория тяготения И. Ньютона.

Его вычисления обосновали систему Коперника, усовершенствовали ее, показали, что орбиты представляют собой эллипсы. Первый и второй законы опубликованы в его сочинении "Новая астрономия" в 1609 г. Массу

он трактовал как меру тяготения. Третий закон Кеплер сформулировал 8 марта 1618 г., однако сначала из-за ошибки в вычислениях считал его неверным, перепроверил и подтвердил 15 мая.

1-й закон:

– При невозмущенном движении орбита движущейся материальной точки (планеты) есть кривая второго порядка, в одном из фокусов которой находится центр силы притяжения (Солнце).

2-й закон:

– Радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, ометает за равные времена равные площади.

3-й закон:

– Отношение кубов больших полуосей орбит к квадратам периодов обращения для всех планет Солнечной системы одинаково.

$$\frac{A_2^3}{A_1^3} = \frac{T_2^2}{T_1^2}$$

Ньютон в 1667–1687 годах обнаружил, что действие гравитации можно описать особенно простой математической формулой – так называемым законом обратных квадратов. Этот закон связывает силу тяготения с расстоянием r от центра сферического тела соотношением $1/r^2$.

Закон тяготения Ньютона

$$F = GmM/r^2,$$

где m и M – массы притягивающихся тел.

Ниже в табл. 1 отражены основные характеристики изученных планет Солнечной системы.

Таблица 1

Название планет	Большая полуось орбиты, А.Е	Период обращения, годы	Масса по сравнению с массой Земли	Диаметр по сравнению с диаметром Земли
Меркурий	0,387	0,241	0,056	0,37
Венера	0,723	0,615	0,814	0,96
Земля	1,0	1	1	1
Марс	1,524	1,880	0,107	0,52
Юпитер	5,204	11,865	317,8	11,19
Сатурн	9,539	29,657	95,1	9,13
Уран	19,18	84,015	14,5	3,73
Нептун	30,06	164,782	17,2	3,52
Плутон	39,75	250,6	0,18	0,47

Меркурий ближе к Солнцу, чем Земля: среднее расстояние от Солнца составляет 0,387 а. е., а расстояние до Земли колеблется от 82 до 217 млн км. Наклонение орбиты к эклиптике $i = 7^\circ$ – одно из самых больших в

Солнечной системе. Ось Меркурия почти перпендикулярна к плоскости его орбиты, а сама орбита очень вытянута (эксцентриситет $e = 0,206$).

Средняя скорость движения Меркурия по орбите – 47,9 км/с. Из-за приливного воздействия Солнца Меркурий попал в резонансную ловушку. Измеренный в 1965 году период его обращения вокруг Солнца (87,95 земных суток) относится к периоду вращения вокруг оси (58,65 земных суток) как 3/2. Три полных оборота вокруг оси Меркурий завершает за 176 суток. За тот же срок планета совершает два оборота вокруг Солнца. Таким образом, Меркурий занимает относительно Солнца то же самое положение на орбите, и ориентировка планеты остаётся прежней.

Спутников Меркурий не имеет.

Масса Меркурия почти в 20 раз меньше массы Земли (0,055M или $3,3 \cdot 10^{23}$ кг), а плотность почти такая же, как у Земли ($5,43 \text{ г/см}^3$). Радиус планеты составляет 0,38R (2440 км). Меркурий меньше некоторых спутников Юпитера и Сатурна.

Планета имеет практически сферическую форму. Ускорение свободного падения на ее поверхности составляет $g = 3,72 \text{ м/с}^2$.

Планета видна невооруженным глазом. В периоды наилучшей видимости ее блеск составляет -1m. Правда, близость к Солнцу мешает производить наблюдения Меркурия. На небосклоне он не отходит далеко от Солнца – максимум на 29° . Виден он либо перед восходом Солнца (утренняя видимость), либо после захода (вечерняя видимость) и только вблизи элонгаций (максимальных угловых удалений от Солнца). Но даже в эти периоды увидеть его можно не всегда из-за значительного наклона его орбиты к эклиптике.

День и ночь продолжаются по 88 суток, т. е. равны году планеты. Солнце восходит на востоке, поднимается крайне медленно (в среднем на один градус за двенадцать часов), достигает верхней кульминации (на экваторе – зенита) и так же медленно заходит. В некоторых местах восходы и захода Солнца наблюдаются дважды за сутки. На меридианах 0° и 180° можно видеть три захода и три восхода Солнца за одни солнечные сутки, которые делятся 176 земных суток.

Он предпоследний по величине (из больших планет) и состоит из высокоплотного вещества. 80 % массы планеты сосредоточено в его огромном железном ядре. Поверхность Меркурия покрыта тысячами кратеров, образовавшихся от столкновений с метеоритами, и скал, которые

сформировались, когда молодое ядро остывало и сжималось, стягивая кору планеты. Ряд признаков говорит о возможности существования у Меркурия атмосферы, но в тысячи раз более разреженной, чем земная. Поэтому дневное полушарие сильно накаляется. Поскольку планета находится очень близко от Солнца и практически не имеет атмосферы, способной сохранять тепло ночью, температура ее поверхности колеблется от $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+440\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Самая прекрасная и самая близкая из планет – **Венера** – тысячелетия приковывает взгляды человека к себе. Планета полна загадок и чудес.

Большая полуось орбиты Венеры – среднее расстояние от Солнца – составляет $0,723$ а. е. ($108,2$ млн км). Орбита практически круговая, ее эксцентриситет равен $0,0068$ – самый маленький в Солнечной системе. Наклонение орбиты к плоскости эклиптики: $i = 3^{\circ}39'$. Венера – самая близкая к Земле планета, расстояние до нее меняется от 40 до 259 миллионов километров.

Средняя скорость движения по орбите – 35 км/с. Период обращения по орбите – $224,7$ земных суток, а период вращения вокруг оси – $243,02$ земных суток. При этом Венера вращается в сторону, противоположную своему движению по орбите. Если смотреть с северного полюса Венеры, планета вращается по часовой стрелке, а не против неё, как Земля и остальные планеты, исключая Уран; наклон экватора к орбите: $177^{\circ}18'$. Это приводит к тому, что сутки на Венере продолжаются $116,8$ земных суток (половину венерианского года). Таким образом, день и ночь на Венере делятся по $58,4$ земных суток.

Масса Венеры составляет $0,815M$ массы Земли ($4,87 \cdot 10^{24}$ кг). У планеты нет спутников, поэтому масса Венеры была уточнена по пролётам мимо планеты американских космических аппаратов "Маринер-2", "Маринер-5" и "Маринер-10". Плотность нашей соседки равна $5,24$ г/см³.

Радиус Венеры – $0,949 R$ (6052 км) – был измерен в шестидесятых годах методами радиолокации: поверхность планеты постоянно закрыта плотными облаками. Венера имеет практически сферическую форму.

Ускорение свободного падения на поверхности составляет $8,87$ м/с². Венеру легко распознать, так как по блеску она намного превосходит самые яркие из звезд. Отличительным признаком планеты является её ровный белый цвет. Венера так же, как и Меркурий, не отходит на небе на большое расстояние от Солнца. В моменты элонгаций Венера может уда-

литься от нашей звезды максимум на 48° . Как и у Меркурия, у Венеры есть периоды утренней и вечерней видимости: в древности считали, что утренняя и вечерняя Венеры – разные звезды.

Венера – третий по яркости объект на нашем небе. В периоды видимости ее блеск в максимуме около - 4,4 m.

Давление вблизи поверхности планеты составляет около 95 атмосфер! Состоит эта атмосфера в основном из углекислого газа с примесями азота и кислорода. Углекислый газ является причиной явления, которое называется парниковым эффектом. Из-за этого поверхность Венеры сильно разогрета.

Тонкая поверхностная кора когда-то делала Венеру самым активным небесным телом Солнечной системы, если говорить о поверхностях (у Солнца поверхности, напомним, нет). Радиолокационные наблюдения обнаружили на Венере множество вулканов и бывших лавовых рек.

Маленьких кратеров ударного происхождения на Венере нет: мелкие метеорные тела сгорают в атмосфере планеты.

Расположенная ближе к Солнцу, чем наша планета, Венера получает от него в два с лишним раза больше света и тепла, чем Земля. Тем не менее с теневой стороны на Венере господствует мороз более 20°C ниже нуля, так как сюда не попадают солнечные лучи в течение очень долгого времени. Она имеет плотную, глубокую и очень облачную атмосферу, не позволяющую нам увидеть поверхность планеты. Атмосферу – газовую оболочку на Венере – открыл М.В. Ломоносов в 1761 г., что также показало сходство Венеры с Землей.

Свет Венеры столь ярок, что, если на небе нет ни Солнца, ни Луны, он заставляет предметы отбрасывать тени. Однако при взгляде в телескоп Венера разочаровывает, и не удивительно, что до последних лет ее считали "планетой тайн".

Эра автоматических космических зондов началась в 1962 году, когда американский аппарат "Маринер-2" прошёл вблизи Венеры и передал информацию, которая подтвердила, что её поверхность очень горяча. Было установлено также, что период вращения Венеры вокруг оси – длительный, около 243 земных суток, – больше, чем период обращения вокруг Солнца (224, 7 суток), поэтому на Венере "сутки" длиннее года и календарь совершенно необычен.

Следом за "Маринером-2" была осуществлена мягкая посадка на поверхность Венеры нескольких советских автоматических аппаратов, спускаемых на парашюте через плотную атмосферу. При этом были зарегистрированы максимальная температура около 530 °С и давление у поверхности почти в 100 раз большее, чем атмосферное давление на уровне моря на Земле.

"Маринер-10" приблизился к Венере в феврале 1974 года и передал первые снимки верхнего слоя облаков. Этот аппарат только один раз прошёл около Венеры – его основной целью была самая внутренняя планета – Меркурий. Однако снимки были высокого качества и показали полосатую структуру облаков. Они также подтвердили, что период вращения верхнего слоя облаков всего лишь 4 суток, так что строение атмосферы Венеры не похоже на земное. Тем временем американские радиолокационные исследования показали, что на поверхности Венеры имеются большие по размеру, но не глубокие кратеры. Причиной возникновения кратеров может быть вулканизм, поэтому гипотезу о том, что на Венере происходят вулканические процессы, пока нельзя исключить. Также на Венере найдено несколько горных областей. Самый большой горный район – Иштар – по площади вдвое превышает Тибет. В центре его на высоту 11 км поднимается гигантский вулканический конус. Было обнаружено, что в облаках содержится большое количество серной кислоты (возможно, даже фтори-сто-серной кислоты).

Следующий важный шаг был сделан в октябре 1975 года, когда два советских аппарата – "Венера-9" и "Венера-10" – совершили управляемую посадку на поверхность планеты и передали на Землю снимки. Снимки были ретранслированы орбитальными отсеками станций, оставшимися на околопланетной орбите на высоте порядка 1500 км. Это был триумф советских учёных, даже несмотря на то, что и "Венера-9", и "Венера-10" вели передачи всего лишь не более часа, пока не перестали раз и навсегда действовать из-за слишком высоких температур и давления.

Оказалось, что поверхность Венеры усыпана гладкими скальными обломками, по составу похожими на земные базальты, многие из которых имели около 1 м в поперечнике. Поверхность была хорошо освещена: по описанию советских учёных, света было столько, сколько бывает в Москве в облачный летний полдень, так что даже не потребовались прожекторы аппаратов. Оказалось к тому же, что атмосфера не обладает чрезмерно вы-

сокими преломляющими свойствами, как ожидалось, и все детали ландшафта были чёткими. Температура на поверхности Венеры равнялась 485 °С, а давление в 90 раз превышало давление у поверхности Земли. Было обнаружено, кроме того, что слой облаков кончается на высоте около 30 км. Ниже находится область горячего едкого тумана. На высотах 50–70 км располагаются мощные облачные слои и дуют ураганные ветры. У поверхности Венеры атмосфера очень плотная (всего лишь в 10 раз меньше плотности воды). Венера отнюдь не гостеприимный мир, как это когда-то предполагалось. Со своей атмосферой из углекислого газа, облаков из серной кислоты и страшной жарой она совершенно не пригодна для человека.

Из сказанного очевидно, что обе внутренние планеты для практического освоения в обозримом будущем бесперспективны.

Что касается планеты **Земля**, она движется по орбите со скоростью 29,76 км/с.

Полный оборот вокруг Солнца Земля совершает за 365,256 средних солнечных суток (звездный, или сидерический год).

Удельный вес вещества нашей планеты в центре составляет около 11 г/см³, средний удельный вес земного шара 5,52 г/см³, он приблизительно вдвое больше плотности её поверхностных слоев.

Спутник Земли – Луна (основные характеристики см. табл. 2) – привлекает внимание ученых как наиболее доступный объект колонизации, о чем подробнее говорится в следующем разделе. За 12 лет начала эры космических полетов к Луне было направлено 22 аппарата.

Значительно больший интерес в плане изучения и освоения представляет Марс.

Марс – первая после Земли планета Солнечной системы, к которой человек проявил особый интерес с надеждой, что там есть развитая внеземная жизнь.

Марс обращается вокруг Солнца по орбите радиусом 1,524 а. е. за 687 земных суток. Эксцентриситет (0,093) сравнительно высок, поэтому орбита Марса вытянута. Расстояние до Солнца меняется в течение года на 21 миллион километров, а энергия, которую получает Марс, изменяется в 1,45 раза. Наклонение орбиты к эклиптике – 1°51', а средняя скорость движения составляет 24,1 км/с. Расстояние от Земли меняется от 56 до 400 миллионов километров. Расстояние между Землей и Марсом в моменты противостояний изменяется от 55 до 102 млн км, при этом все противо-

стояния, когда расстояние между двумя планетами меньше 60 млн км, называются великими противостояниями, они повторяются каждые 15–17 лет.

Период вращения вокруг оси – звездные сутки – равен 24,62 часа – всего на 41 минуту больше периода вращения Земли. Наклон экватора к орбите: $25^{\circ}12'$ (у Земли – около 23°). Это значит, что смена дня и ночи и смена времён года на Марсе протекает почти так же, как на Земле. Есть там и климатические пояса, подобные земным. Но есть и отличия. Прежде всего из-за удалённости от Солнца климат суровее земного.

Температурный режим на Марсе выглядит так. В дневные часы в районе экватора, если Марс находится вблизи перигелия, температура может подниматься до $+25^{\circ}\text{C}$ (около 300 К). Но уже к вечеру она падает до нуля и ниже, а за ночь планета выхолаживается еще больше, поскольку разреженная сухая атмосфера планеты не может удержать тепло, получаемое от Солнца днем. Космический аппарат "Викинг" после посадки на Марс измерил температуру около поверхности. Несмотря на то, что в это время в южном полушарии стояло лето, температура атмосферы близ поверхности в утренние часы составляла -86°C , но к середине дня поднялась до -30°C . Давление атмосферы у поверхности планеты составляет 6 миллибар (т. е. 0,006 атмосферы).

Над материками (пустынями) Марса постоянно носятся облака мелкой пыли, которая всегда светлее тех пород, из которых она образуется. Пыль и повышает яркость материков в красных лучах. Под действием ветров и смерчей пыль на Марсе может подниматься в атмосферу и держаться в ней довольно долго. Сильные пылевые бури наблюдались в южном полушарии Марса в 1956, 1971 и 1973 гг.

Как показали спектральные наблюдения в инфракрасных лучах, в атмосфере Марса (как и в атмосфере Венеры) главным компонентом является углекислый газ (CO_2) – 95,3 %, азота в ней 2,7 %, аргона – 1,6 %. Длительные поиски кислорода и водяного пара сначала вообще не давали уверенных результатов, а потом было установлено, что кислорода в атмосфере Марса не более 0,3 %.

Масса планеты составляет 0,107М ($6,4 \cdot 10^{23}$ кг), плотность равна $3,94 \text{ г/см}^3$, а радиус в два раза меньше, чем у Земли – 3 397 км. Ускорение свободного падения на поверхности планеты составляет $3,72 \text{ м/с}^2$.

Марс на небе, как и все внешние планеты, виден лучше всего в периоды противостояний. В противостояние 1997 года Марс имел блеск $-1,3m$.

Бесспорных данных о наличии жизни на Марсе пока нет, несмотря на все интеллектуальные и материальные затраты для решения этого вопроса. О сложной истории освоения этой планеты средствами космонавтики подробнее говорится в следующем разделе. Только наша страна с 1962 по 1996 гг. послала к соседней планете 10 автоматических межпланетных станций (АМС). Вселяет надежды интенсивная подготовка и Россией, и Соединенными Штатами пилотируемого полета, который может состояться около 2015 года.

У Марса два спутника.

Возможности колонизации Марса серьезно прорабатываются. Программой обозримого будущего предусмотрено:

- разведка площадок для размещения первых жилых модулей и заводов по производству парниковых газов;
- создание атмосферы, подъем температуры на поверхности;
- формирование микрофлоры, высадка саженцев.

Пригодной для жизни людей эта планета может стать не через годы, а через тысячи лет.

Юпитер господствует среди девяти планет нашей Солнечной системы, соперничая с Солнцем в своей великолепии. Самая большая планета находится далеко за основным поясом астероидов. Масса Юпитера намного превышает массу всех других планет, вместе взятых.

Большая полуось орбиты Юпитера равна 5,2 а. е., эксцентриситет орбиты $e = 0,0489$, период обращения по орбите – 11,867 лет. Наклон плоскости орбиты к плоскости эклиптики – $1^{\circ}18'17''$. Средняя скорость движения по орбите – 13,1 км/с.

Период вращения вокруг оси – 9 часов 55 минут. Каждая точка экватора движется со скоростью 45 тыс. км/час. Из-за действия центробежных сил Юпитер заметно сплюснут (коэффициент сжатия больше 6 %). Так как Юпитер – не твердый шар, а состоит из газа и жидкости, то экваториальные его части вращаются быстрее, чем приполярные области. Ось вращения Юпитера почти перпендикулярна его орбите, следовательно, на планете нет смен времен года.

Масса планеты равна $M = 318 M_{\oplus} = 1,9 \cdot 10^{27}$ кг, радиус $R = 11,2 R_{\oplus} = 71\,492$ км. Вместе с тем, Юпитер весьма разрежен: его плотность равна $1,33 \text{ г/см}^3$, что в четыре раза меньше плотности Земли. Ускорение свободного падения на уровне облачной поверхности Юпитера составляет $2,53 \text{ г}$.

Юпитер – прекрасный объект для наблюдений. Он сияет ровным белым светом (альбедо* $0,52$). У Юпитера как самой большой планеты Солнечной системы и спутников больше, чем у других планет. Сначала, ближе к нему, находятся 4 маленьких спутника диаметром в несколько десятков км. Затем идут 4 больших, диаметр самого крупного – 270 км. После этого ещё несколько маленьких. Общее число известных спутников достигло 39. Уже в простейший телескоп или бинокль видны четыре гигантских спутника Юпитера, открытых еще в 1610 г. Галилеем. На основании фотографий АМС "Галилео" специалисты пришли к выводу, что под ледяным панцирем одного из спутников – Европы – существует океан, где могут зародиться простейшие формы жизни. Вода океана Европы, имеющая красный цвет, подогревается изнутри спутника вулканической деятельностью. В таких условиях жизнь может зародиться и при низких температурах, без солнечного света. Это подтверждается исследованиями в глубинных слоях земных океанов. Не исключено, что ещё на одном из крупных спутников под названием Каллисто под ледяным панцирем скрывается целый соленый океан.

Сатурн, наверное, наиболее красивая планета, если смотреть на нее в телескоп или изучать снимки "Вояджеров". Сказочные кольца Сатурна нельзя спутать ни с какими другими объектами Солнечной системы.

Планета известна с самых древних времен. Максимальная видимая звездная величина Сатурна $+0,7m$. Эта планета – один из самых ярких объектов на нашем звездном небе. Ее тусклый белый свет создал планете недобрую славу: рождение под знаком Сатурна издревле считалось плохим предзнаменованием. Кольца Сатурна видимы с Земли в небольшой телескоп. Они состоят из тысяч и тысяч небольших твердых обломков камней и льда, которые вращаются вокруг планеты.

*Способность поверхности отражать падающий на нее поток электромагнитного излучения или частиц.

Большая полуось орбиты планеты составляет 9,584 а. е., а период обращения равен 29,666 лет. Эксцентриситет орбиты составляет $e = 0,057$, наклон к плоскости эклиптики – $2^{\circ}29'$.

Период вращения вокруг оси – звездные сутки – составляет 10 часов 14 минут (на широтах до 30°). Так как Сатурн – не твердый шар, а состоит из газа и жидкости, то экваториальные его части быстрее вращаются, чем приполярные области: на полюсах один оборот совершается примерно на 26 минут медленнее. Средний период обращения вокруг оси – 10 часов 40 минут.

Под действием центробежных сил Сатурн заметно сплюснен. Его сжатие составляет порядка 10 %.

Масса Сатурна равна $M = 95,159 M_{\oplus} = 5,6850 \cdot 10^{26}$ кг, радиус намного больше радиуса Земли: $R = 9,45 R_{\oplus} = 60\,268$ км.

Плотность $\rho = 0,70$ г/см³. Сатурн имеет одну интересную особенность: он – единственная планета в Солнечной системе, чья плотность меньше плотности воды (700 кг на кубический метр). Если бы было возможно создать огромный океан, Сатурн смог бы в нем плавать!

Ускорение свободного падения на уровне облачной поверхности составляет $g = 9,44$ м/с². Альбедо 0,47. Число спутников Сатурна, уточненное АМС "Кассини", составляет 34.

Уран был открыт 13 марта 1781 года английским астрономом Уильямом Гершелем. Он увидел его в свой самодельный телескоп с диаметром апертуры* 16 см. Поначалу он подумал, что это комета, но дальнейшие наблюдения показали, что это новая планета, которая находится дальше Сатурна. Период обращения Урана вокруг Солнца составляет 84 года. Он движется по эллиптической орбите, средний радиус которой составляет около 2,8 млрд км. В отличие от других планет солнечной системы Уран вращается вокруг своей оси как бы лежа на боку.

С момента открытия Урана у него нашли 10 колец и 15 спутников. Кольца у Урана не такие, как у Сатурна, они очень тонкие, буквально нитевидные, и увидеть их можно только с помощью специальных методов наблюдений.

* Действующее отверстие оптического прибора, определяемое размерами линз или диафрагмами.

Восьмая планета солнечной системы – **Нептун** – была открыта французским астрономом У. Леверье и английским ученым Адаме только одними расчетами по возмущениям в движении Урана. Когда на это место астроном И. Галле 23 сентября 1846 года направил телескоп, то обнаружил новую планету. У нее оказалось два больших спутника. Позже, в 2002 г., Международной группой астрономов, занимающейся поиском астероидов и спутников планет с использованием 4-х метрового телескопа обсерватории Сьерро-Тололо и 3,6-метрового канадско-французского телескопа на Гавайях, открыто пять новых спутников Нептуна. Эти новые луны, вероятно, захваченные Нептуном астероиды. Теперь известно 13 спутников Нептуна. Два открытых спутника обращаются в том же направлении, что и планета. Другие спутники обращаются в обратном направлении. Все они обращаются по сильно наклоненным орбитам с большим эксцентриситетом. Размеры спутников находятся в пределах 30–50 км в диаметре.

В окрестностях Нептуна побывал только космический корабль "Вояджер–2", 25 августа 1989 года. Почти все, что мы знаем об этой планете, мы знаем благодаря этой экспедиции. Вот её основные данные:

Радиус = 24 764 км	Наклон экватора к плоскости орбиты = 28,32°
Масса = $1,027 \cdot 10^{23}$ тонн	Плотность = 1,76 г/см ³
Диаметр = 49528 км	Температура = -218 °С
Сутки = 19,2 часа	

То, что орбита Плутона настолько эксцентрическая, что иногда пересекает орбиту Нептуна, делает Нептун наиболее отдаленной от Солнца планетой в течение нескольких лет.

По своему составу Нептун подобен Урану: различные "льды" и горная порода с небольшим количеством гелия и приблизительно 15 % водорода. Как и Уран, Нептун не имеет отчетливого внутреннего иерархического строения, а скорее более или менее однороден по составу. Но, вероятно, внутри него находится малое ядро из скалистого материала. Его атмосфера по большей части состоит из водорода и гелия с небольшим количеством метана.

Как на любой газовой планете, на Нептуне дуют ветры с очень высокими скоростями. Ветры Нептуна – самые быстрые в солнечной системе, их скорость достигает 2000 км/час. Атмосфера Нептуна изменяется быстро, возможно, из-за небольших изменений в разностях температур между верхними и нижними слоями облаков.

Плутон достаточно долго считался девятой планетой Солнечной системы, потом был исключён из списка планет. Дело в том, что с одной стороны, Плутон с его диаметром в 2300 километров и наибольшим удалением от светила не попадает ни в одну из групп. С другой стороны, за орбитой Нептуна находится так называемый пояс Койпера, населенный астероидами (астероидами принято называть космические объекты диаметром от 1 до 1000 километров). Некоторые ученые считают, что Плутон правильнее называть самым большим объектом пояса Койпера, а не самой маленькой планетой.

Некоторые параметры Плутона:

Плутон движется вокруг Солнца по эллиптической орбите со значительным эксцентриситетом, равным 0,25, превосходящим даже эксцентриситет орбиты Меркурия (0,206). Большая полуось орбиты Плутона (среднее расстояние от Солнца) составляет 39,439 а. е., или примерно 5,8 млрд км. Плоскость орбиты наклонена к эклиптике под углом $17,2^\circ$. Одно обращение Плутона вокруг Солнца длится 247,7 земных лет.

Экваториальный радиус Плутона (1500 км) примерно вчетверо, а его масса (ок. $1,79 \cdot 10^{22}$ кг) в несколько сотен раз меньше, чем у Земли. Для плотности получаются расчетные значения порядка $0,17 \text{ г/см}^3$. Существует гипотеза, что Плутон, подобно ряду спутников планет-гигантов, состоит преимущественно из замерзших летучих веществ. Высказывались также предположения, основанные на данных спектрального анализа, что поверхность Плутона образована слоем метанового льда.

В 1978 г. появилось сенсационное сообщение: на фотографии, полученной Д. Кристи с помощью 155-сантиметрового телескопа, изображение Плутона выглядело удлинённым, то есть имело небольшой выступ. Это дало основание утверждать, что у Плутона есть довольно близко расположенный от него спутник. Этот вывод позже получил подтверждение на снимках с космических аппаратов. Спутник, названный Хароном, имеет значительную массу (около 1/30 массы планеты), находится на расстоянии всего около 20 000 км от центра Плутона и обращается вокруг него с периодом 6,4 земных суток, равным периоду обращения самой планеты.

Плутон находится примерно в 40 раз дальше от Солнца, чем Земля, поэтому, естественно, поток солнечной лучистой энергии на этой планете более чем в полторы тысячи раз слабее, чем на Земле. Однако Солнце на его небосклоне выглядит более ярким, чем Луна для обитателей Земли. Но

температура на планете, до которой свет от Солнца идет более пяти часов, низка – ее среднее значение порядка 43 К, так что в атмосфере Плутона, не испытывая сжижения, может оставаться только неон (более легкие газы из-за малой силы тяготения из атмосферы улечиваются). Диоксид углерода, метан и аммиак затвердевают даже при максимальной для этой планеты температуре. В атмосфере Плутона могут быть и незначительные примеси аргона, и еще в более малых количествах – азота. Давление у поверхности Плутона по имеющимся теоретическим оценкам составляет менее 0,1 атмосферы.

Открытие планеты Нептун и уточнение параметров ее орбиты позволило в десятки раз уменьшить расхождения между расчетными значениями и результатами наблюдений (так называемые невязки) в движении Урана. Однако полностью устранить, точнее, свести эти невязки до уровня, который бы определялся только ограниченной точностью элементов орбиты и ошибками наблюдений, все еще не удавалось.

Первым обратил на это внимание в 1848 году американский астроном Б. Пирс, а в 1874 году другой астроном, С. Ньюком, приступил к построению новой теории движения Урана, которая учитывала бы возмущающие воздействия на эту планету со стороны Юпитера, Сатурна и Нептуна. Обсуждался и вопрос о возможном влиянии транснептуновой планеты.

В 1879 году в книге "Популярная астрономия" французский астроном К. Фламарион предсказывал существование большой планеты, движущейся по орбите в 43 раза большего радиуса, чем у Земли, и совершающей полный оборот вокруг Солнца за 330 лет.

Однако в большей степени, чем этим исследованиям, открытие девятой планеты обязано П. Ловеллу, опубликовавшему в 1915 г. "Трактат о транснептуновой планете".

В начале 1929 года в Ловелловскую обсерваторию поступил 32,5-сантиметровый объектив с фокусным расстоянием 169 см, что значительно улучшило возможности обнаружения искомого объекта. 18 февраля 1930 года проводивший исследование астроном-любитель К. Томбо смог убедиться, что открыта новая планета. По ее перемещению в течение четырех дней было установлено, что объект расположен за орбитой Нептуна.

Новая планета имела желтоватый цвет, заметно отличающийся от голубоватого цвета Нептуна. В честь греческого бога тьмы, способного становиться невидимым, ее назвали Плутоном. Многие проблемы, касаю-

щиеся Плутона, получили разрешение только на качественно новом этапе исследований, связанном с появлением космических аппаратов.

Еще в ноябре 2000 года появились сообщения об обнаружении десятой планеты.

В октябре 2003 г. астрономы из Калифорнийского технологического института космическим телескопом Шпитцер подтвердили наличие за орбитой Плутона 10-й планеты, получившей название Седна. С помощью телескопа Хаббла уточнены ее параметры.

По предварительным наблюдениям, диаметр Седны составляет не менее 2000 километров. Ее размеры, возможно, даже превышают размеры Плутона, диаметр которого составляет 2250 километров. В любом случае она является крупнейшим вращающимся вокруг Солнца небесным телом, обнаруженным после открытия Плутона в 1930 году.

Седна находится примерно в десяти миллиардах километрах от Земли в астероидном Поясе Койпера (Kuiper Belt). Она вращается вокруг Солнца по дальней орбите.

В табл. 2 даны характеристики наиболее крупных спутников планет Солнечной системы.

Спутник Юпитера Европа (диаметр 3130 км) наряду с Марсом и спутником Сатурна Титаном считался учеными наиболее вероятным космическим объектом с условиями, благоприятными для зарождения начальных форм жизни. Европа, открытая Г. Галилеем 7 января 1610 года, является самым маленьким спутником Юпитера, занимая при этом 6-е место по размеру среди спутников в солнечной системе. Юпитер удалён от Солнца на расстояние, в 5,2 раза превышающее расстояние от Солнца до Земли, поэтому поток солнечной энергии на поверхности Европы в 27 раз меньше, чем на Земле. Диаметр Европы составляет 3138 километров. Сила притяжения на её поверхности – 0,135 от земной. Период вращения Европы вокруг собственной оси равен периоду обращения вокруг Юпитера и составляет 3,55 дня. Таким образом, как и Луна с Земли, Европа видна с Юпитера всегда с одной стороны.

Вот характеристики спутника Европа: Экваториальный радиус 1569 км, Средняя плотность 3,01 (г/см³), Среднее расстояние от Юпитера 670 900 км Период вращения (дней) 3,551181, Орбитальный период 3,551181, Эксцентриситет 0,009, Наклон (град.) 0,470.

Таблица 2

ЕСТЕСТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ПЛАНЕТ

Название	Открыватель	Год открытия	Среднее расстояние до планеты, км	Радиус, км
Спутник Земли				
Луна			384 400	1 738
Спутники Марса				
Фобос	А. Холл	1877	9 380	14 410
Деймос	А. Холл	1877	23 460	846
Спутники Юпитера				
Амальтея	Е. Барнард	1892	181 300	135 475
Ио	Г. Галилей	1610	421 600	1 815
Европа	Г. Галилей	1610	670 900	1 569
Ганимед	Г. Галилей	1610	1 070 000	2631
Каллисто	Г. Галилей	1610	1 883 000	2 400
Спутники Сатурна				
Пандора	Коллинз (Вояджер 2)	1980	141 700	55,4
Янус	Дольфус	1966	151 472	110,4
Калипсо	Паску	1980	294 660	15,4
Елена	Лаку	1980	377 400	18,4
Титан	Гюйгенс	1655	1 221 850	2 575
Гиперион	Бонд	1848	1 481 000	175,4
Япет	Д. Кассини	1671	3 561 300	730
Феба	Пикеринг	1898	12 952 000	110
Спутники Урана				
Миранда	Койпер	1948	129 780	235
Ариэль	Ласселл	1851	191 240	580
Умбриэль	Ласселл	1851	265 970	585
Титания	Гершель	1787	435 840	790
Оберон	Гершель	1787	582 600	760
Спутники Нептуна				
Протей	Вояджер 2	1989	117 600	200
Тритон	Ласселл	1846	354 800	1 350
Нереида	Койпер	1949	5 513 400	170

20.02.1997 г. американская межпланетная станция "Галилео" совершила пролет близ Европы, пройдя на расстоянии 587 километров от ее по-

верхности, а 15 декабря того же года вновь сблизилась с ней на расстояние 200 км. Приборы "Галилео" обнаружили ионосферу Европы, что указывает на то, что у этого ледяного спутника есть атмосфера.

Эти новые данные "Галилео" подтвердили наблюдения Хаббловского телескопа о наличии эмиссии кислорода на Европе. В 1995 году астрономы, используя Хаббловский телескоп, обнаружили присутствие чрезвычайно разреженной атмосферы молекулярного кислорода на Европе. Кроме Земли, известны только 2 объекта солнечной системы – планеты Марс и Венера, – которые имеют молекулярный кислород в атмосфере.

Согласно новым данным, полученным от "Галилео", Европа имеет металлическое ядро и внутреннюю структуру, подобную Земле. В недрах Европы также выделяется энергия приливных взаимодействий, которая поддерживает в жидком виде толстую мантию или глубочайший подледный океан. Благодаря небольшому эксцентриситету орбиты и гравитационному воздействию других спутников рассеиваемая энергия довольно велика, поэтому океан может быть теплым. Предполагается, что глубина океана составляет несколько десятков километров, а ледяная кора всего несколько километров. Эта оболочка очень хрупкая и под действием перемещающегося приливного выступа иногда лопается, выпуская на поверхность жидкую воду.

Поверхность Европы, по-видимому, является более молодой и покрытой более тонким слоем льда, чем предполагалось первоначально. Когда "Галилео" приблизился на расстояние 586 км, то обнаружил, что ледовый слой является довольно тонким и покрывает либо поверхность жидкой воды, либо полужидкой слякоти. Ученые заинтересовались блоками льда, похожими на земные во время весеннего таяния льдов на полярных морях. Размер и геометрия этих блоков указывают на то, что существует тонкий ледяной слой, покрытый водой или мокрым льдом, а также существует движение, напоминающее дрейф земных айсбергов (1997).

Существуют три основных критерия для возможности развития жизни вне Земли – это присутствие воды, органических молекул и достаточного количества тепла. Европа имеет водяной лед. Органические соединения широко распространены в солнечной системе. Самый большой вопрос, достаточно ли тепла генерируется внутри спутника. Новые снимки показали, что на Европе существует достаточно тепла для образования потоков на поверхности, что под ледяной коркой возможно существова-

ние теплого льда или даже жидкой воды. Таким образом, Европа имеет большой потенциал удовлетворить и этому критерию для возникновения экзобиологии.

Титан – это самая крупная луна Сатурна, ее размер достигает половины размера Земли.

Титан является вторым по величине спутником в Солнечной системе. Его радиус равен 2575 километрам. Его масса составляет $1,346 \times 10^{26}$ г (0,022 массы Земли), а средняя плотность $1,881 \text{ г/см}^3$. Это единственный спутник, обладающий значительной атмосферой, причем его атмосфера плотнее, чем у любой из планет земной группы, исключая Венеру. Титан подобен Венере еще и тем, что у него имеются глобальная дымка и даже небольшой тепличный подогрев у поверхности. В его атмосфере, вероятно, имеются метановые облака, но это твердо не установлено. Хотя в инфракрасном спектре преобладают метан и другие углеводороды, основным компонентом атмосферы является азот, который проявляется в сильных УФ-эмиссиях. Верхняя атмосфера весьма близка к изотермическому состоянию на всем пути от стратосферы до экзосферы, а температура на поверхности с точностью до нескольких градусов одинакова по всей сфере и равна 94 К. Радиусы темно-оранжевых или коричневых частиц стратосферного аэрозоля в основном не превышают 0,1 мкм, а на больших глубинах могут существовать более крупные частицы.

Предполагается, что аэрозоли являются конечным продуктом фотохимических превращений метана и что они аккумулируются на поверхности (или растворяются в жидком метане или этане). Наблюдаемые углеводороды и органические молекулы могут возникать при естественных фотохимических процессах.

Удивительным свойством верхней атмосферы являются УФ-эмиссии, свойственные дневной стороне, но слишком яркие, чтобы их могла возбудить поступающая солнечная энергия. Водород быстро диссипирует, пополняя наблюдаемый тор, вместе с некоторым количеством азота, выбиваемого при диссоциации N_2 электронными ударами. На основе наблюдаемого расщепления температуры можно построить глобальную систему ветров.

Глобальный состав Титана, по-видимому, определяется тем набором конденсируемых веществ, которые образовались в плотном газовом диске вокруг прото-Сатурна. Существуют три возможных сценария происхожде-

ния: холодная аккреция* (означающая, что повышение температуры в ходе образования пренебрежимо мало), горячая аккреция при отсутствии плотной газовой фазы и горячая аккреция в присутствии плотной газовой фазы.

Как могут выглядеть в разрезе недра Титана?

Вероятно наличие горячего дегидратированного силикатного ядра, а также расплавленного слоя NH-НО, однако детальное расположение ледяных слоев в настоящее время достоверно неизвестно. Конвекция преобладает повсюду, кроме внешней оболочки.

На Титане есть много материала для жизни, включая азот, углерод и воду. Титан представляет интерес для астробиологов, которые считают его планетой-лабораторией. На нем могут идти различные виды органических химических реакций, в том числе и те, благодаря которым 4 млрд лет назад зародилась жизнь на Земле.

Погода на Земле в значительной степени зависит от тепла, получаемого от Солнца, которое создает разности температур, перемещающие большие воздушные массы и способствующие огромным океанским течениям. Но Титан получает примерно в 100 раз меньше солнечной энергии; средняя температура на его поверхности составляет -178 °С.

Планеты при дневном свете¹

Можно ли днем видеть планеты? В телескоп – да, но при благоприятных условиях некоторые планеты доступны днем и невооруженному глазу. Особенно часто удается наблюдать на дневном небе самую яркую из планет, Венеру. Известен рассказ Араго о Наполеоне I, который однажды во время парадного следования по улицам Парижа был обижен тем, что толпа, пораженная появлением Венеры в полдень, уделяла больше внимания этой планете, чем его высокой особе.

С улиц больших городов Венера в дневные часы видна даже чаще, чем с открытых мест: высокие дома заслоняют Солнце и тем защищают глаза от ослепляющего действия прямых его лучей. Случаи видимости Венеры днем отмечены и русскими летописцами. Так, новгородская летопись

* Падение вещества на космическое тело под действием сил тяготения.

¹ Материал для дополнительного чтения

говорит, что в 1331 г. днем «явился на небеси знамение, звезда светла над церковью». Звезда эта (по исследованиям Д.О. Святского и М.А. Вильева) была Венера.

Здесь уместно остановиться на вопросе о сравнительном блеске планет. В кругу неспециалистов возникают иногда сомнения: какая планета достигает большего блеска – Венера, Юпитер или Марс? Конечно, если бы они сияли одновременно и размещались рядом, подобного вопроса не возникало бы. Но когда видишь их на небе в разное время порознь, нелегко решить, которая из них ярче. Вот как планеты располагаются в порядке их блеска.

Венера Марс Юпитер	}	Ярче Сириуса в несколько раз	}	Меркурий Сатурн	}	Слабее Сириуса, но ярче звезд первой величины
--------------------------	---	------------------------------------	---	--------------------	---	---

Если говорить о размерах и расстояниях в Солнечной системе, стоит заметить, что то, что под именем плана солнечной системы приводится в книгах по астрономии, есть чертеж планетных путей, а никак не солнечной системы: самих планет на таких чертежах изобразить нельзя без грубого нарушения масштаба. Планеты по сравнению с разделяющими их расстояниями так ничтожно малы, что трудно даже составить себе сколько-нибудь правильное

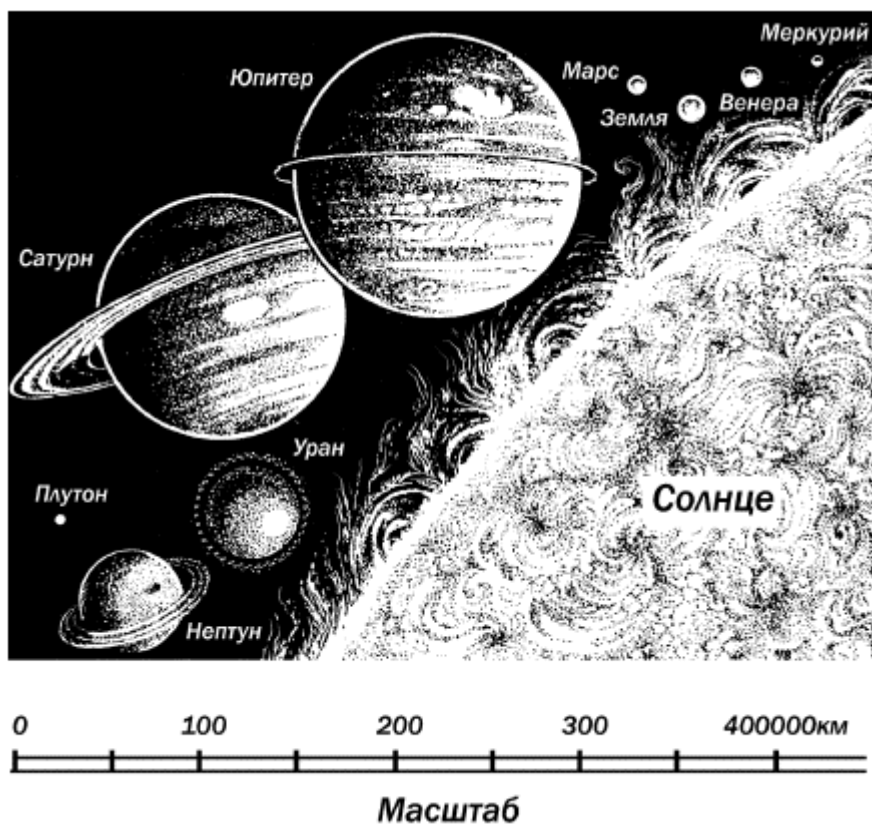


Рис. Сравнительные размеры планет и Солнца. Диаметр диска Солнца в этом масштабе равен 19 см

представление об этом соотношении. Мы облегчим работу воображения, если обратимся к уменьшенному подобию планетной системы. Тогда станет ясно и то, почему нет возможности представить солнечную систему ни на каком чертеже. Все, что мы в состоянии сделать на чертеже – показать сравнительные размеры планет и Солнца.

Изберем для земного шара самую скромную величину – булавочную головку: пусть Земля изображает ся шариком около 1 мм поперечником. Точнее говоря, мы будем пользоваться масштабом примерно 15 000 км в 1 мм, или 1:15 000 000 000. Луну в виде крупинки в $\frac{1}{4}$ мм диаметром надо будет поместить в 3 см от булавочной головки. Солнце величиной с мяч или крокетный шар (10 см) должно отстоять на 10 м от Земли. Мяч, помещенный в одном углу просторной комнаты, и булавочная головка в другом – вот подобие того, что представляют собой в мировом пространстве Солнце и Земля. Вы видите, что здесь в самом деле гораздо больше пустоты, чем вещества. Правда, между Солнцем и Землей есть две планеты – Меркурий и Венера, но они мало способствуют заполнению пространства; в нашей комнате прибавляются лишь две крупинки: одна в $\frac{1}{2}$ мм поперечником (Меркурий) на расстоянии 4 м от мяча-Солнца и вторая – с булавочную головку (Венера) – в 7 м от мяча.

Но будут еще крупинки вещества по другую сторону от Земли. В 16 м от мяча-Солнца кружится Марс – крупинка в $\frac{1}{2}$ мм поперечником. Каждые 15 лет обе крупинки, Земля и Марс, сближаются до 4 м; так выглядит здесь кратчайшее расстояние между двумя мирами.

У Марса – два спутника, но изобразить их в нашей модели невозможно: в принятом масштабе им следовало бы придать размеры бактерий! Почти столь же ничтожные размеры должны иметь в нашей модели астероиды – малые планеты, известные уже в числе свыше полутора тысяч, кружащиеся между Марсом и Юпитером. Их среднее расстояние от Солнца в нашей модели – 28 м. Наиболее крупные из них имеют (в модели) толщину волоса ($\frac{1}{2}$ мм), мельчайшие же – величиной с бактерию.

Исполин-Юпитер будет представлен у нас шариком величиной с орех (1 см) в 52 м от мяча-Солнца. Вокруг его на расстоянии 3, 4, 7 и 12 см кружатся самые большие из 16 его крупнейших спутников (всего же их на сегодня – 63). Размеры этих больших лун – около $\frac{1}{2}$ мм, остальные представляются в модели опять-таки бактериями. Наиболее удаленный из его спутников, IX, пришлось бы поместить в 2 м от ореха-Юпитера. Значит, вся

система Юпитера имеет у нас 4 м в поперечнике. Это очень много по сравнению с системой Земля – Луна (поперечник 6 см), но довольно скромно, если сопоставить такие размеры с поперечником орбиты Юпитера (104 м) на нашей модели.

Уже и теперь очевидно, насколько безнадёжны попытки уместить план солнечной системы на одном чертеже. Невозможность эта станет в дальнейшем еще убедительнее. Планету Сатурн пришлось бы поместить в 100 м от мяча-Солнца в виде орешка 8 мм поперечником. Прославленные кольца Сатурна шириной 4 мм и толщиной $\frac{1}{2}$ мм будут находиться в 1 мм от поверхности орешка. Что касается планетных колец, в семидесятых годах XX века они были обнаружены у Юпитера, Урана и Нептуна. 18 самых крупных (из 60 известных) спутников разбросаны вокруг планеты на протяжении $\frac{1}{2}$ м в виде крупинок диаметром в $\frac{1}{10}$ мм и менее.

Пустыни, разделяющие планеты, прогрессивно увеличиваются с приближением к окраинам системы. Уран в нашей модели отброшен на 196 м от Солнца; это – горошина в 3 мм поперечником с 27 пылинками-спутниками, разбросанными на расстоянии до 4 см от центральной крупинки.

В 300 м от центрального крокетного шара медлительно совершает свой путь Нептун: горошина с двумя (самыми большими из 13) спутниками Тритоном и Нереидой в 3 и 70 см от нее.

Еще далее обращается небольшая планета – Плутон, расстояние которой в нашей модели выразится в 400 м, а поперечник – около половины земного.

Но и орбиту этой последней планеты нельзя считать границей нашей солнечной системы. Кроме планет, к ней принадлежат ведь и кометы, многие из которых движутся по замкнутым путям около Солнца. Среди этих «волосатых звезд» (подлинное значение слова «комета») есть ряд таких, период обращения которых доходит до 800 лет. Это – кометы 372 г. до нашей эры, 1106, 1668, 1680, 1843, 1880, 1882 (две кометы) и 1887 гг. Путь каждой из них на модели изобразился бы вытянутым эллипсом, один конец которого, ближайший (перигелий), расположен всего в 12 мм от Солнца, а дальний (афелий) – в 1700 м от него, в четыре раза дальше Плутона. Если исчислить размеры солнечной системы по этим кометам, то наша модель вырастет до $3\frac{1}{2}$ км в поперечнике и займет площадь 9 км^2 при величине

Земли, не забудьте, с булавочную головку! На этих 9 км² помещается такой инвентарь:

1 крокетный шар, 2 орешка, 2 горошины, 2 булавочные головки, 3 крупинки помельче.

Вещество комет – как бы они ни были многочисленны – в расчет не принимается: их масса так мала, что они справедливо названы «видимое ничто».

Итак, наша планетная система не поддается изображению на чертеже в правильном масштабе.

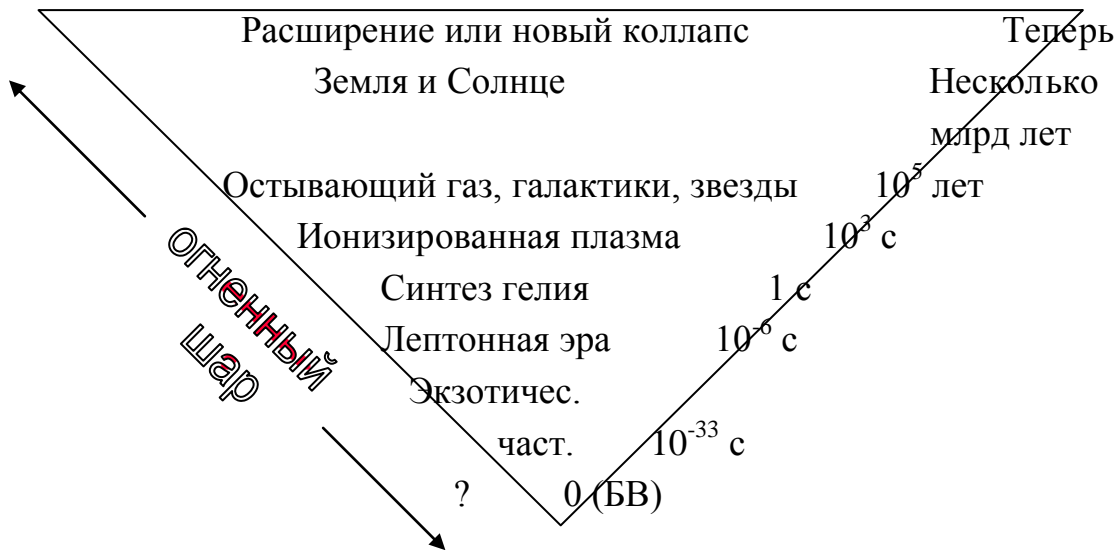
СОЛНЦЕ И ЗВЁЗДЫ

Происхождение вселенной

Ученые и мыслители всех эпох и цивилизаций пытались мысленно воссоздать последовательность возникновения и развития Вселенной. Как из общей физики – науки о природе – выделилась астрономия, так из астрономии выросла **космогония** – наука о происхождении, строении и развитии небесных тел, их систем и Вселенной в целом.

Вот как представляется сегодня временной масштаб основных этапов мироздания (Ю. Новиков). Здесь верхняя часть рисунка – взгляд из нашего времени в прошлое, нижняя – от момента Большого взрыва – в будущее.

Объект	Продолжительность существования, годы
Технологическая культура	100
Цивилизация	10 тыс.
Человечество	5 млн
Млекопитающие	200 млн
Жизнь на Земле	3 млрд
Земля	4,2 млрд
Вселенная	13 - 14 млрд



В простейшем варианте теория горячей Вселенной предполагает, что Вселенная спонтанно возникла в результате **Большого взрыва** из состояния с бесконечно большой плотностью и бесконечно большой тепловой (внутренней) энергией, именуемого **сингулярностью**. Абсолютным нулем пространства и времени является Большой взрыв, имевший место 13–14 млрд лет назад.

Автором теории Большого взрыва является советский математик и геофизик **Александр Александрович Фридман** (1888–1925). Он раскрыл принципиально новые революционные космологические следствия общей теории относительности. Уравнения Фридмана описывают геометрические свойства четырехмерного пространства-времени. Решение их в принципе позволяет построить математическую модель Вселенной.

В работе 1922 г. А.А. Фридман утверждает, что Вселенная должна эволюционировать, т. е. её характеристики должны меняться со временем. Следствием этого было представление о некоей особой точке, в которой плотность вещества оказывается огромной, а время – равным нулю. Это так называемая начальная космологическая сингулярность. В науке не сразу было осознано, что это есть, фактически, описание происхождения Вселенной. Физики и космологи А. Эйнштейн, Ф. Хойл, Х. Бонди, Х. Аль-вен, А. Логунов и многие другие с 1922 по 1969 гг. потратили значительные усилия, чтобы доказать, что никакой сингулярности (т. е. никакого начала в прошлом) не было и что материальная Вселенная – вечна. Однако конец этим надеждам в релятивистской космологии был положен в 1969 г. работой Р. Героча, Стивена Хокинга и Р. Пенроуза, в которой было показано, что сингулярность присуща всем без исключения космологическим уравнениям Эйнштейна.

Так что фридмановские решения с сингулярностью давали:

1. Представление о начале Вселенной во времени и пространстве.
2. Представление о возникновении мира реальных тел в течение 13–14 млрд лет.

Однако теория эволюционирующей Вселенной сама столкнулась с принципиальными трудностями: проблемой барионной асимметрии, проблемой трехмерности пространства, проблемой плоскостности пространства, проблемой образования галактик и др.

Эти проблемы были вызваны тем, что не удавалось "встроить" в чисто математическую модель Вселенной реальный физический мир, т. е., опираясь на фридмановскую модель (в дальнейшем получившую физическое наполнение "горячей версией" Гамова), объяснить, почему наше пространство трехмерно, а время – одномерно; почему в нашем мире положительно заряженных частиц больше, чем отрицательно заряженных и т. д.

В 1981 г. А. Гусом, а позднее А. Линде, П. Стейнхардом и А. Альбрехтом разрабатывается новая теория – теория инфляционной Вселенной.

Она включает в процесс образования видимого нами материального мира двухстадиальность. Первая стадия является "раздувающейся", когда за время с 10^{-43} с до 10^{-35} с "пустая" Вселенная "раздувается" до размеров $10^{10^{12}}$ см, что на много порядков превосходит наблюдаемую область 10^{28} см. Вторая стадия – собственно "стадия расширения" – начинается после окончания "раздувания", когда "раздувшаяся" Вселенная выходит на "нормальный режим" эволюционирующей Вселенной Фридмана-Гамова.

Рождение вещества и излучения, т. е. материальных форм наблюдаемого мира, происходит после окончания "раздувания", когда скалярное поле, её наполняющее, из состояния с отрицательной плотностью энергии переходит в состояние с положительной плотностью.

После Большого взрыва энергия электромагнитного излучения (в виде гамма-квантов) была так велика, что могли рождаться электрон-позитронные пары. С понижением температуры исчезли сначала мю-мезоны, а потом позитроны. Примерно через 0,1 с температура упала до нескольких миллиардов градусов, и тогда главную роль стали играть протоны, электроны и нейтроны.

Началась новая важная эра – плазменная. Температура снизилась настолько, что бешено носящиеся протоны и нейтроны начали объединяться, образуя ядра **He** и других легких элементов.

Как показывают расчеты, примерно 1/4 всех протонов вошла в ядра гелия и незначительная – в ядра дейтерия и лития. Таким образом, около 10 % ядер, выделившихся из огненного шара, составляли ядра гелия, остальные представляли собой водород (отдельные протоны). Это удивительно соответствует наблюдаемой сейчас картине распространения названных легких элементов во Вселенной.

Плазменная эра продолжалась около 700 тыс. лет, после чего температура Вселенной снизилась до 4000 К, и электроны начали захватываться ядрами. Возникла возможность локальной конденсации вещества под воздействием гравитационных сил. Вихри газа медленно сжимались в галактики, а затем – в звезды и планеты.

Сотрудники Главной астрономической обсерватории доказали, что активные процессы звездообразования начались уже на первом миллиарде лет после Большого взрыва, в результате чего существенно меняется картина эволюции Вселенной.

Теперь, через 10 млрд лет, температура того огненного шара равна всего лишь 3 К, т. е. много ниже температуры жидкого воздуха. Обнаружение двумя американцами А. Пензиасом и Р. Вильсоном в 1965 г. фонового излучения – одно из великих научных открытий, подтверждающих основные положения модели горячего Большого взрыва. За это открытие они в 1978 г. получили Нобелевскую премию.

Группой астрономов, работающих в Европейской Южной обсерватории, а также в обсерваториях Франции и Индии, в декабре 2000 г. впервые получено экспериментальное подтверждение правильности теории Большого взрыва. Они определили температуру фонового микроволнового космического излучения в тот момент, когда возраст Вселенной составлял всего 2,5 млрд лет. Если Вселенная действительно была образована в результате Большого взрыва, то ее первичный огненный шар должен был бы в прошлом иметь более высокую температуру, чем сейчас.

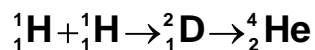
Для подтверждения этого предположения с помощью спектрографа UV-Visual Echelle Spectrograph (UVES), установленного на 8,2-метровом телескопе VLT Кюеуен в Европейской Южной обсерватории, был получен спектр излучения далекого квазара PKS 1232+0815. Анализ этого спектра показал, что в молодой Вселенной действительно имело место реликтовое излучение, причем его температура была выше, чем нынешние 2,7 К. Для измерений использовались некоторые линии поглощения нейтральных атомов углерода. Исследования показали, что когда Вселенной было около 2,5 млрд лет, температура реликтового излучения лежала в пределах между 6 и 14 К, что соответствует данным теории Большого взрыва (9 К).

Реликтовое излучение было предсказано теоретически в 40-х годах, а открыто оно было, как сказано выше, с помощью радиотелескопа в 1965 г. американскими физиками А. Пензиасом и Р. Уилсоном.

По мере расширения Вселенной температура падала – сначала быстро, а затем все медленнее – от бесконечно большого значения до довольно низкой величины, при которой возникли условия, благоприятные для образования звезд и галактик. На протяжении около 100 тысяч лет температура превышала несколько тысяч градусов, что препятствовало образованию атомов; космическое вещество (плазма) состояло из ионизированных водорода и гелия. Первые атомы возникли, когда температура Вселенной понизилась приблизительно до температуры поверхности Солнца. В процессе эволюции ранней Вселенной существовал относительно короткий (по-

рядка нескольких минут) промежутков времени, когда протоны и нейтроны могли объединиться, образуя сложные ядра.

Основной ядерной реакцией в тот период было слияние протонов и нейтронов с образованием ядер гелия, каждое из которых состоит из 2 протонов и 2 нейтронов.



Поскольку протоны немного легче нейтронов, они присутствовали в несколько большем количестве, так что по завершении синтеза гелия часть протонов оставалась свободной. Поэтому образовавшаяся плазма состояла примерно на **10 %** из ядер гелия и на **90 %** из ядер водорода. Эти цифры с вполне удовлетворительной точностью характеризуют наблюдаемое содержание названных элементов в современной Вселенной. В целом по Вселенной около 90 % космического вещества приходится на долю водорода, самого легкого и простого элемента (один протон и один электрон). Подавляющую часть остальных 10 % составляет гелий – простейший после водорода элемент. Доля всех остальных элементов вместе взятых не превышает 1 %. Если исключить из рассмотрения железо, более тяжелые элементы – золото, свинец и уран – распространены во Вселенной значительно в меньшей степени, чем более легкие: углерод, азот, кислород. Подобная распространенность весьма примечательна. Тяжелые ядра содержат большое количество протонов и нейтронов, легкие – мало.

Сами атомы существовали не всегда: они являются реликтами физических процессов, происходивших в глубинах Вселенной задолго до образования Земли. Если бы легкие ядра могли вступать друг с другом в реакцию ядерного синтеза, это привело бы к образованию более тяжелых ядер. Напрашивается мысль, что во Вселенной первоначально присутствовал только один простейший элемент – водород, а более тяжелые образовались на последующих стадиях ядерного синтеза.

Таким образом, гелий – реликт космического "костра", пылавшего в первые несколько минут после Большого взрыва. К счастью, в первичном веществе был некоторый избыток протонов; именно благодаря остатку несвязанных протонов во Вселенной присутствует водород. Без него не светило бы Солнце, а в космосе не было бы воды. Вряд ли при этом могла возникнуть жизнь.

Есть мнение (П. Дэвис), что наблюдаемая ныне инфраструктура Вселенной сформировалась в первые 10^{-32} с после Большого взрыва.

Методом численного моделирования на ЭВМ с учетом данных, полученных на ядерных реакторах, удалось воспроизвести последовательность событий. В конце первой секунды температура достигала 10^{10} К – это слишком много для того, чтобы могли существовать сложные ядра. Пространство тогда было заполнено хаотически движущимися протонами и нейтронами, нейтрино и фотонами (тепловым излучением).

По прошествии минуты температура в результате расширения Вселенной упала до 10^8 К, а спустя еще несколько минут – ниже уровня, при котором возможны ядерные реакции.

В первые минуты после Большого взрыва температура космической плазмы превышала 1 млн К – этого было вполне достаточно для протекания ядерных реакций.

Фантастическая с точки зрения обывателя теория Большого взрыва получила наблюдательное подтверждение в работах Э. Хаббла – американского астронома (1889–1953) по внегалактическим объектам, выполненных в 20-е годы прошлого столетия. Тщательно исследовав спектры далеких галактик, Хаббл совершил неожиданное открытие, которое легло в основу современной научной космогонии. По изменению в длинноволновую сторону спектра излучения галактик – так называемому красному смещению – Хаббл (вслед за В.М. Слайфером, проводившим в 1912–1914 гг. серию измерений лучевых скоростей звездных скоплений и туманностей) установил, что они удаляются от нас с огромной скоростью.

Систематическое исследование характера движения и его зависимости от расстояния показало, что галактики, кроме того, "разбегаются" друг относительно друга.

Что касается строения Вселенной, у всех древних цивилизаций существовало убеждение, что Земля находится в центре мироздания. Уже в 3–4 тысячелетия до н. э. древние астрологи вывели простые числовые соотношения, описывающие движение Солнца, Луны и других небесных светил, которые помогали предсказывать затмения.

В древней Европе космологические идеи, как правило, заимствовались у древнегреческих философов. В VI в. до н. э. Пифагор разработал представление о сферической Земле, находящейся в центре сферической Вселенной. Автором **геоцентрической** модели мира считается авторитетнейший ученый Древней Греции **Аристотель** (384–332 годы до н. э.). Наивысшим достижением древнегреческой астрономии явилась сложная мо-

дель мира, созданная Клавдием Птолемеем во II веке. Эта странная идея о вращающихся сферах и наружной непроницаемой поверхности существовала до времен Кеплера, т.е. до XVI в. Создателем **гелиоцентрической** модели мира был польский астроном **Н. Коперник** (1473–1543).

Идея о существовании "островных вселенных" – **галактик** – впервые высказана по поводу объектов с размытым изображением в XVIII в. В 1924 г. Эдвин Хаббл однозначно определил с помощью анализа кривых блеска ряда цефеид (пульсирующих звезд), что эти скопления не являются частью Млечного Пути (нашей галактики), а представляют собой другие – удаленные – галактики. Их бесчисленное множество, хотя пока в каталоги внесены сотни тысяч. Типичной галактикой является Туманность Андромеды, видимая невооруженным глазом как расплывчатое светлое пятно. Расстояние до нее 2,5 млн световых лет, а самые мощные телескопы позволяют обнаружить галактики, удаленные на расстояния порядка 10 млрд световых лет. Здесь уместно напомнить, что расстояния во Вселенной измеряются световыми годами. Световой год – путь, который свет со скоростью $3 \cdot 10^8$ м/с проходит за год. В километрах световой год составляет $9,46 \cdot 10^{12}$.

Диаметр нашей галактики порядка 10^{23} см или 10^5 световых лет, и в этом пространстве сосредоточено не менее 100 миллиардов звезд. В спиральных рукавах и центральной области спиральной галактики сосредоточены многие миллионы звезд. В нашей – сотни миллиардов звезд. Наибольшее количество звезд в ней сосредоточено в плоскости диска. Солнце расположено от центра диска на расстоянии примерно в $2/3$ его радиуса.

Галактика не имеет резкого края. Вся эта структура окружена далеко простирающимся гало из звезд, удаленных на огромные расстояния друг от друга. Ближайшие из них – Альфа Центавра и Проксима Центавра, расстояние до которых составляет более 4 световых лет. В окрестностях Солнца в радиусе 15 световых лет находится всего 20 звезд.

Такая картина Вселенной построена сравнительно недавно.

Для определения расстояний во Вселенной используется метод **триангуляции**, при помощи которого определяется **параллакс** (пс) – видимое изменение положения звезды при нахождении Земли в противоположных точках своей орбиты. Другая единица длины, применяемая в астрономии, – **парсек** – равна расстоянию, на котором параллакс составляет одну дуговую секунду = 206.265 а. е. (за астрономическую единицу принимается

среднее расстояние от Земли до Солнца, которое с удовлетворительной точностью составляет 150 млн км). Ни одна звезда не имеет параллакса, превышающего 1 угловую секунду (у. с.), значит, ближайшая звезда находится от Земли на расстоянии более 206.265 а. е.

Современная аппаратура позволяет измерять параллаксы в 0,005 у. с. В радиусе параллаксов до 0,05 у. с. находится до 700 звезд. До Сириуса (самая яркая звезда в Северном полушарии) около 2,6 пс (8,5 светового года).

Каковы же, по сегодняшним представлениям, размеры Вселенной? Американские астрономы в марте 1998 г. сообщили об открытии самого удаленного космического объекта – галактики Арди (RD)-1, до которой 12 млрд световых лет.

В 60-х гг. были открыты квазары – космические объекты (возможно, ядра галактик) с грандиозным по энергетической мощи уровнем активности и такие космические явления, как вспышки сверхновых звезд – пульсаров. Они происходят в галактиках, подобных нашей, вероятно, один раз в несколько десятков лет. Во время вспышки сверхновая звезда за короткое время излучает количество энергии, которое равно излучению всех прочих звезд данной галактики за тот же период времени. Величина энергии, образуемой вспышкой сверхновой, составляет 10^{52} эрг. Для сравнения: запас тепловой энергии в недрах Солнца, где температура достигает нескольких млн градусов, составляет 10^{48} эрг. Именно излучение сверхновых является главным источником космических лучей в Галактике.

Звезды имеют свой жизненный цикл. По мере исчерпания запасов ядерного горючего звезды ее внутренняя структура выстраивается как совокупность слоев, состоящих из различных элементов, и это строение отражает различные стадии в длительном процессе ядерного синтеза. На протяжении своей "жизни" звезда постепенно превращается из почти чистой смеси первичного водорода и гелия в хранилище ядерных продуктов, состоящих из тяжелых химических элементов. На заключительном этапе слабеющие ядерные реакции уже не в состоянии поддерживать внутри звезды такие значения температуры и давления, которые бы обеспечивали устойчивость огромной звездной массы. В результате гравитация, выйдя из-под контроля, вызывает мгновенное сжатие (коллапс) звезды. Гигантский выброс энергии в виде нейтрино и ударной волны, исходящих из внутренней области звезды, буквально сдувает внешние слои звезды в ок-

ружающее пространство, разбрасывая тяжелые элементы по просторам галактики. Это взрыв сверхновой. Каждый взрыв сверхновой обогащает галактику следовыми количествами элементов, столь необходимых для образования планет типа Земли, а в дальнейшем – для зарождения и эволюции населяющих ее форм жизни.

Центр нашей планетной системы – Солнце – является вторичной звездой, образовавшейся из продуктов взрыва сверхновой. Распыленные взрывом продукты действием гравитационных сил выстраиваются в чечевицеобразное облако, в котором формируются сгустки, со временем превращающиеся в планеты.

Таким образом, наша планета, как и наш организм, построены из реликтовых осколков когда-то ярких звезд, которые погибли задолго до возникновения Земли и Солнца.

Крупнейший советский физик-теоретик, нобелевский лауреат Лев Давидович Ландау в 1932 г. высказал гипотезу, что существуют звезды с невероятной плотностью вещества. Теперь хорошо известно, что конечная судьба звезд зависит от их массы. Если масса звезды меньше, чем, скажем, 1,2 массы Солнца, то звезда умирает как "белый карлик" (звезда при остывании сжимается, раздавливает атомы и превращается в смесь ядер и электронов); такие звезды очень малы, их плотность более чем в 100 тысяч раз превышает плотность Солнца.

Если же масса звезды в интервале 1,2 - 2,5 массы Солнца, то звезда заканчивает свое существование как нейтронная (при угасании звезды раздавливаются не только атомы, но и атомные ядра; протоны, входящие в ядро, превращаются в нейтроны, весь центр звезды представляет собой один большой нейтронный сгусток с небольшим количеством остаточных протонов и электронов, свободно движущихся вокруг). Плотность нейтронных звезд намного больше, чем плотность белых карликов: если бы наша Земля была сжата до такой степени, то ее диаметр равнялся бы 100 метрам.

Если же масса звезды больше, чем 2,5 массы Солнца, то со звездой при сжатии происходит еще более страшная катастрофа. Силы всемирного тяготения приводят к тому, что звезда спадается в область ничтожных размеров – в точку. Это явление получило название гравитационного коллапса, а образовавшиеся таким образом тела стали называть "черными дырами".

Подытоживая материалы этого раздела, приведем **хронику основных открытий** астрономии в XX веке.

1904 г. – ввод в строй астрофизической обсерватории в Маунт Вилсон (США).

1905–1907 гг. – диаграмма Герцшпрунга-Рессела, устанавливающая связь между светимостью и температурой звезд.

1916–1917 гг. – общая теория относительности (ОТО) Альберта Эйнштейна. Модель однородной стационарной Вселенной.

1918 г. – Харлоу Шепли (США): первая модель нашей галактики (плоская и сферическая подсистемы звезд), построенная по "маякам Вселенной" – цефеидам – звездам, имеющим особый характер закона период/светимость.

1920 г. – Маунт-Вилсон. Измерение с помощью телескопа первых диаметров звезд. Начало теории звезд: Артур С. Эддингтон (Англия), Карл Шварцшильд (Германия).

20-е годы – Эдвин Хаббл (США): использование эффекта "красного смещения" для оценки масштабов Вселенной;

1923 г. – Эдвин Хаббл: открытие цефеиды в туманности Андромеды (М31). Расстояние до М31 – около 10 радиусов нашей Галактики.

Середина 20-х годов – применение квантовой механики в теории звезд.

30-е годы – развитие астрофизики звездных объектов. Изучение сложных спектров газовых туманностей, звезд Вольфа-Райе и вспыхивающих ("новых") звезд.

40-е годы – появление теории: ядерные реакции как источник горения звезд.

40-50-е годы – становление радиоастрономии и начало уточнения газовой структуры галактик. 21-см линия Н (водорода) – теоретическое открытие и изучение В.-де-Хюлстом (Голландия), 1944 г. и И.С. Шкловским (СССР) – 1948 г.

1946–1967 гг. – Георгий А. Гамов (США): космология Большого Взрыва, плотное горячее состояние ранней Вселенной.

1951 г. – обнаружение излучения в линии 21 см межзвездного водорода.

1952 г. – Вильгельм Бааде (США): новая оценка расстояний до галактик – увеличение расстояний в два раза.

1957 г. – начало освоения космического пространства и развитие внеатмосферной (спутниковой) астрономии.

1963 г. – Мартен Шмидт (Паломарская обсерватория) открывает квазары; открытие с борта ракеты первого рентгеновского источника SCO-XR1.

1965 г. – открытие мазерных источников излучения; А. Пензиас и Р. Уилсон открывают "реликтовое" излучение фона Вселенной.

1967 г. – аспирантка Энтони Хьюша (Англия) открывает пульсары.

70-е годы – развитие науки о солнечно-земных связях.

90-е годы – обнаружение пыли (твёрдого вещества) в далеких галактиках; теория в средней бесконечной и вечной Вселенной; многосвязная модель Вселенной, где наша "мини-Вселенная" – один из "вскипающих пузырей"; экзопланетные системы; возвращение древней астрономии.

Но далеко не только космогония и далекие галактики интересуют современных астрономов.

Шесть новых планет открыли астрономы в конце 1999 г. за пределами Солнечной системы. Все эти космические тела сопоставимы по размерам с гигантом Солнечной системы Юпитером или даже превосходят его и вращаются вокруг звезд, расположенных на расстоянии от 65 до 192 млн световых лет от Земли. Особенно интригует то, что, как минимум, на 5 из этих планет, учитывая их удаленность от звезд, может присутствовать вода в жидком состоянии.

Космонавтика

Космонавтика представляет собой комплекс наук, технологий и технических средств для освоения околоземного пространства.

История XX-го космического века

1903 г. – К.Э. Циолковский публикует "Исследование мировых пространств реактивными приборами".

1912 г. – доклад Р. Эно-Пельтри на заседании Французского физического общества, с



которого Франция ведет отсчет своего космического времени.

1919 г. – в октябре в Киеве Александр Шаргей заканчивает 144-страничную рукопись о полетах на Луну и иные планеты; в 1926 г. книга Шаргея, ставшего к тому времени Ю.В. Кондратюком, одобрена к публикации Л.Д. Троцким – руководителем Коллегии НТО ВСНХ, но издана только в 1929 г. под названием "Завоевание межпланетных пространств"; по предложенной в ней схеме полета на Луну и отделения модуля от корабля, остающегося на окололунной орбите, совершен в 1969 г. полет "Аполлона-9" с тремя американскими космонавтами на борту. Кстати, после запуска нашего первого в мире спутника в Вашингтоне в библиотеке Конгресса был создан специальный отдел советской космической литературы в который попала и книга Ю. Кондратюка, изученная и использованная вскоре Джоном Хуболтом – заместителем руководителя службы динамических нагрузок американского космического агентства НАСА;

1919 г. – в США Р. Годдард начинает делать и испытывать реактивные двигатели.

1921 г. – создание Московской лаборатории Н.И. Тихомирова по разработке реактивных снарядов.

1923 г. – обнародована работа "Ракета в космическом пространстве" Германа Оберта, впоследствии творца в Пенемюнде германских ФАУ и одного из создателей первого американского искусственного спутника Земли (ИСЗ).

1928 г. – первый полет пилотируемого реактивного планера в Германии.

1933 г. – стартует первая ракета конструкции М.К. Тихонравова.

Май **1946 г.** – первые пуски с полигона Капустин Яр в Астраханской области.

04.10.1957 г. – запуск первого ИСЗ (СССР).

04.10.1959 г. – автоматическая станция "Луна-3" (СССР) впервые фотографирует оборотную сторону Луны.

12.04.1961 г. – Ю.А. Гагарин (СССР) – первый космонавт Земли.

1969 г. – Н. Армстронг (США) – первый человек, ступивший на поверхность Луны.

1971 г. – запуск первой орбитальной станции "Салют-1" (СССР).

1977 г. – космический аппарат "Вояджер-2" (США), преодолев земное притяжение, пролетает вблизи Юпитера (1979 г.), Сатурна (1981 г.), Урана (1986 г.) и Нептуна (1989 г.).

1981 г. – космический корабль многоразового использования "Колумбия" (США) совершает первый испытательный полет в космос; его последний полет состоялся в феврале 2003 г.

1986 г. – Европейская автоматическая станция "Джотто" пролетает вблизи ядра кометы Галлея и передает на Землю его снимки.

1997 г. – автоматическая космическая станция (АКС) "Кассини" запущена в сторону Сатурна. Ей предстоит за 7 лет преодолеть 3,5 млрд км.

Циолковский показал реальность технического осуществления космических полетов и дал принципиальное решение ряда основных проблем космонавтики.

В СССР работы в области ракетной техники начаты в 1921 г.; в это время была организована Газодинамическая лаборатория (ГДЛ). С 1928 г. под руководством Н.И. Тихомирова проводились летные испытания ракет на бездымном шашечном порохе. С 1929 г. в ГДЛ В.П. Глушко начал разработку ракет с электрическим (ЭРД, 1929 г.) и жидкостным (ЖРД, 1931 г.) ракетными двигателями.

В 1932 г. в Москве создана Группа изучения реактивного движения (ГИРД), осуществившая под руководством С.П. Королева в 1933 г. первые пуски советских жидкостных ракет конструкции Тихонравова и Цандера.

Основу современной математики орбитального движения заложили Ж. Пуанкаре (1854–1912) и А.М. Ляпунов (1857–1918).

Выражение для движения объекта по окружности радиусом r (равномерное вращение) $a = v^2/r$.

Здесь a – ускорение, v – скорость.

Отсюда орбитальная скорость спутника – **первая космическая скорость**

$$v(\text{орб}) = \sqrt{r \cdot a}$$

Для Земли $r = 6,4 \cdot 10^6$ м; $a = g = 10$ м/с²,

где g – ускорение силы тяжести, принимаемое для всей поверхности Земли равным 981 см/с².

$$v(\text{орб}) = \sqrt{64 \cdot 10^6} \approx 8 \times 10^3 \text{ км/с,}$$

а период обращения по низкой орбите $T = 2 \pi R/v \approx 83$ мин.

Вычисление радиуса стационарной орбиты ($T=24$ час).

Из законов Ньютона и Кеплера $(r/R)^3 = (T/T_{пов})^2 r = (T/T_{пов})^{2/3} R = (17,3)^{2/3} R = 6,7 R$.

Зная радиус Луны $r = 1,74 \cdot 10^6$ м, можно рассчитать линейную скорость спутника $v \sim 1,6 \cdot 10^3$ м/с. Период обращения спутника $T = 7 \cdot 10^3$ с = 116,6 мин.

Период обращения Фобоса – спутника Марса – по орбите $r = 3,4 \cdot 10^6$ м; $T = 460$ мин = $2,76 \cdot 10^4$ с. По III закону Кеплера масса Марса $6,5 \times 10^{23}$ кг.

Основоположником практической космонавтики является С.П. Королев. Под его руководством 22.07.1951 г. с космодрома "Капустин яр" в космос запущены два первых живых существа – собаки Цыган и Дезик. Фактически это и есть день космонавтики. Первый выход живого существа в открытый космос – 1954 год. Всего до Гагарина в космосе побывало 48 собак, 28 из которых погибли, но погибли по техническим причинам – из-за неполадок или недоработок техники, а не вследствие медицинских ошибок.

Первый космический полет Ю.А. Гагарина выполнен на аппарате "Восток". Серия одноместных космических кораблей "Восток" была первой. Она предназначалась для непродолжительных полетов по околоземной орбите. Вес корабля, состоящего из спускаемого аппарата и приборного отсека с тормозной двигательной установкой (ТДУ) – 4,73 т. С 1961 по 1963 год осуществлено 6 полетов кораблей "Восток" с 6 космонавтами. Ракета, которой был запущен корабль "Восток-1" – трехступенчатая ракетаноситель, – также называлась "Восток".

Создание ракетно-научных комплексов – сложная научно-техническая задача. Потребовались разработки новых топлив, новых материалов, приборов, следяще-управляющих систем. Большие ракетно-носители достигают стартовой массы до 3000 т и имеют длину более 100 м. Для размещения в них запаса топлива, составляющего 90 % от общей массы, конструкция ракет должна быть чрезвычайно легкой, что достигается смелыми взвешенными конструктивными решениями и разумным снижением требований к запасам прочности и жесткости.

"Восход" – серия советских многоместных космических кораблей для полетов по околоземной орбите. Корабль состоит из спускаемого аппарата (кабины космонавтов) с системой мягкой посадки, ТДУ и прибор-

ного отсека. Максимальная масса 5,68 т. В 1964–1965 гг. совершили полет 2 корабля и 5 космонавтов. Совершен первый выход в открытый космос.

"Союз" – серия советских многоместных космических кораблей для полетов по околоземной орбите. Корабль состоит из спускаемого аппарата, орбитального отсека для работы и отдыха космонавтов и приборно-агрегатного отсека с тормозной корректирующей двигательной установкой. Максимальная масса около 7 т, объем жилых отсеков 9 м³. В 1967–1995 гг. совершили полет 52 корабля и 70 космонавтов.

Орбитальная космическая станция "Салют" летала с 1971 по 1977 гг.

В июне 1963 г. полет на корабле "Восток-6" совершила первая в мире женщина-космонавт Валентина Терешкова; затем летала Светлана Савицкая (1982, 1984 гг.). В 1995 г. совершила полет 3-я российская женщина-космонавт Елена Владимировна Кондакова – 317-й космонавт мира; она провела в космосе 169 суток; подготовка к полету заняла 6 лет.

Российская орбитальная станция "Мир", базовый блок которой был запущен 20.02.1986 года, налетала более 2 ресурсных сроков и была сведена с орбиты в 2001 г. "Мир" был обитаем в течение 12,5 лет, на станции работало 104 человека. Пять раз на станцию прилетал космонавт Владимир Соловьев. Врач Валерий Поляков установил на "Мире" рекорд продолжительности пребывания в космосе – 437 суток, Шеннон Люсид (США) – женский рекорд полета в космосе – 188 суток (1996).

Войдут в историю имена конструкторов космической техники:

С.П. Королев, В.П. Мишин, В.А. Шерстяников; Н.Д. Кузнецов; В.П. Глушко; В.П. Бармин; В.Н. Челомей, В.Ф. Уткин.

Задачи освоения космического пространства для нужд человека подразделяются на две группы:

- научные исследования;
- практическое использование.

Помимо косвенного влияния космических исследований на практическую деятельность человечества через фундаментальные научные открытия, космонавтика делает возможным непосредственное использование космических аппаратов в народнохозяйственной практике. Это и ретрансляция всех видов информации, и метеонаблюдения, и геологоразведка, и геодезия, и навигация, и астрономические наблюдения, и мониторинг состояния растительности, снежного покрова, лесных пожаров, и осуществ-

ление технологических процессов, возможных только в невесомости, и многое другое.

В решении множества земных задач, имеющих непосредственную практическую значимость, большую роль и помощь нам оказывают и окажут искусственные спутники Земли различных назначений и серий.

Огромный объем информации принесли ИСЗ и АКС серий "Космос", "Электрон", "Протон", "Интеркосмос", "Ореол", "Мас", "Прогноз", метеорологические спутники. Глобальную связь обеспечивают ИСЗ "Молния".

Уже в 1959 году нами запущена в сторону Солнца первая автоматическая межпланетная станция "Луна-1". "Луна-2" в том же 1959 году достигла поверхности Луны, "Луна-9" в 1966 г. совершила мягкую посадку на Луну.

После нее в сторону планет Солнечной системы посылались станции "Венера" (с 1961 г.) массой около 5 т и "Марс" (с 1962 года) массой 4,65 т.

Россия сейчас использует для запуска космических аппаратов два **космодрома** на своей территории – Плесецк в Архангельской области и Свободный в Амурской, Байконур в Казахстане и международный плавучий старт в Тихом океане в районе экватора.

Космодром "Байконур", с которого осуществляется большинство гражданских запусков, состоит из 9 стартовых комплексов с 14 пусковыми установками, 34 технических комплексов, 3 заправочных станций для космических аппаратов и 2 аэродромов. На его территории находится крупнейший в мире кислородно-азотный завод. Отсюда стартуют ракетоносители "Протон-К", "Зенит-2", "Союз-У", "Союз-У2", "Молния-М", "Циклон-2" и "Рокот".

Общая площадь космодрома 6717 км². С него выведено в космос 40 % всех космических аппаратов бывшего СССР и России.

На взлетно-посадочную полосу аэродрома "Юбилейный" в 1988 году сел орбитальный корабль многоцелевого использования "Буран".

Первым американцем, взлетевшим над Землей на ракете, был 38-летний А. Шепард, который 5 мая 1961 года совершил 15-минутный суборбитальный полет. Через 10 лет Шепард участвовал в полете на Луну, на которой он провел 33,5 часа. За 2 полета контр-адмирал ВМФ А. Шепард провел в космосе 216 час 17 мин.

Первый орбитальный полет совершил 40-летний астронавт США Д. Глен 20.02.1962 г. В октябре 1998 г. 76-летний Глен участвовал в полете

на челноке "Дискавери" в качестве инженера по запуску грузов, он должен был вывести на орбиту спутник и новые компоненты для космического телескопа "Хаббл".

Первым американским космическим кораблем был "Меркурий" – одноместный корабль с массой в полете 1,36 т и объемом кабины 1,5 м³. В 1961 г. совершены 2 полета с космонавтами по баллистической траектории, в 1962–1963 гг. – еще четыре.

"Джемини" – серия американских 2-местных космических кораблей для полетов по околоземной орбите. Корабль состоит из спускаемого аппарата (кабины космонавтов) и приборного отсека с ТДУ. Максимальная масса 3,8 т, объем кабины 2,33 м³. В 1965–1966 гг. совершены полеты 10 кораблей с 16 космонавтами. Общий объем программы "Джемини" – почти 2000 часов.

"Аполлон" – серия американских 3-местных космических кораблей. Основное назначение – доставка космонавтов на Луну; использовались для беспилотных полетов и полетов вокруг Земли, доставки космонавтов на орбитальную станцию "Скайлэб". "Аполлон" для полета на Луну состоит из основного блока (спускаемый на Землю отсек экипажа и двигательный отсек) и лунной кабины (посадочной и взлетной ступени). Максимальная стартовая масса 47 т, объем жилых отсеков 12,7 м³, максимальное время пребывания на Луне 75 часов. Общая стоимость лунной программы 22 млрд долларов. В 1968–1975 гг. запущено 15 кораблей с экипажем, всего 37 космонавтов. Общий объем программы "Аполлон" – почти 7500 часов, в том числе 6 высадок на Луну.

Н. Армстронг – американский космонавт, первым в истории человечества 21 июля 1969 г. вступивший на Луну во время полета вместе с Эдвином Олдрином на "Аполлоне-11". "Аполлон-11" находился в полете с 16.07 по 24.07.1969 г. в течение 8 суток 3 часов 18 минут и 35 с. Экипаж – Н. Армстронг, М. Коллинз и Э. Олдрин. Пребывание на Луне 21 час 36 мин 21 с.

Имя Армстронга войдет в историю наряду с такими именами первопроходцев, как Христофор Колумб и Юрий Гагарин. До этого он в марте 1968 г. участвовал в полете на "Джемини-8".

Программа орбитальной станции "**Скайлэб**" началась в 1973 и закончилась в 1979 г. Здесь были реализованы самые смелые мечты о комфорте на орбите. Длина космической лаборатории достигала 40 м, а вес –

100 т. В основной (рабочей и жилой) части высота отсеков составляла 9 м. Три экипажа станции отработали на ней более 12 000 часов. Станция была затоплена в водах Тихого океана близ Австралии.

Последние годы США эксплуатируют многоразовый пилотируемый транспортный космический **корабль "Шаттл"**. Масса его около 2000 т, длина 56 м. Первая ступень представляет собой два ускорителя с ракетными двигателями твердого топлива. Вторая, орбитальная ступень – крылатая пилотируемая, которая после схода с орбиты способна совершать спуск в "самолетном" режиме. Первый полет с космонавтами состоялся в апреле 1981 г. К 1992 г. были построены 5 орбитальных ступеней – "Колумбия", "Челленджер" (корабль потерпел катастрофу 28 января 1986 г.), "Дискавери", "Атлантис", "Эндевер".

6 ноября 1995 г. челнок "Колумбия" вернулся на Землю, установив рекорд продолжительности пребывания на орбите – 15 суток. Однако из полета в 2003 г. экипаж не вернулся – корабль при спуске разрушился.

Первый **выход в открытый космос** совершил в марте 1965 г. советский летчик-космонавт А. Леонов. С тех пор выходы в космос становятся все продолжительнее, а программы выполняемых работ все сложнее.

Например, второй полет американского пилотируемого корабля "Дискавери" по программе ремонтных работ орбитального телескопа "Хаббл" продолжался с 11 по 21 февраля 1997 г. Космический корабль пилотировал экипаж в составе: К. Боуверсокс, командир корабля (4-й полет в космос); С. Горовиц, пилот (2-й полет); специалисты по работе с полезной нагрузкой Й. Таннер (2-й полет); С. Хэвлей (4-й полет); Г. Харбауч (4-й полет); М. Ли (4-й полет); С. Смит (2-й полет). Корабль выведен на орбиту с параметрами: наклонение орбиты – 28,5 градуса; период обращения – 95,2 минуты; перигей – 475 километров; апогей – 574 километра.

13 февраля орбитальный телескоп "Хаббл" снят с орбиты и помещен в грузовой отсек космического корабля. Операцию по снятию телескопа с орбиты осуществил космонавт Хэвлей, который в течение 26 минут работал в условиях открытого космоса.

14 и 16 февраля космонавты Харбауч и Таннер в открытом космосе проводили ремонтные работы на телескопе продолжительностью соответственно 7 часов 26 минут и 6 часов и 34 минут.

15 и 17 февраля аналогичные операции продолжительностью 7 часов 11 минут и 5 часов 17 минут выполняли Ли и Смит.

19 февраля с помощью механического манипулятора космического корабля орбитальный телескоп "Хаббл" вновь помещен на орбиту искусственного спутника Земли.

21 февраля космический корабль вернулся на Землю.

Международная космическая станция (МКС) пришла на смену "Миру". Ее монтаж в космосе начался запуском российского функционального грузового блока "Заря" 20 ноября 1998 г. По проекту после окончания монтажа МКС будет весить 400 т, объем ее герметичных отсеков 120 м³, одновременно на ней могут находиться 12 космонавтов.

Запуск первого экипажа на МКС в составе: Ю. Гидзенко, С. Крикалев и У. Шеппард состоялся 30 октября 2000 г.

В ряды космических держав уверенно влился **Китай**. Еще в 1997 г. с космодрома Таиуан с помощью китайской ракеты-носителя "Long March-2C" с разгонным блоком "SD" на околоземную орбиту выведены очередные спутники американской глобальной системы спутниковой связи "Iridium-42" и "Iridium-44" массой 689 килограммов каждый. Первые два испытательных запуска беспилотного корабля Shenzhou состоялись в ноябре 1999 г. и в январе 2001 г. В 2002 г. ракета Long March-2F вывела на околоземную орбиту корабль Shenzhou-3. Первый пилотируемый полет китайского космического корабля состоялся уже в октябре 2003 г. с космодрома Жиуцзян. В перспективе – строительство орбитальной солнечной электростанции и посадка на Луну сначала автоматического, а потом и пилотируемого корабля.

Американская АМС "Пионер" для изучения Луны, планет и космического пространства максимальной массой 260 кг запускалась в 1958–1978 гг. 14 раз, в том числе с задачей исследования пояса астероидов, Юпитера, Сатурна и их спутников.

АМС "Маринер" для изучения Меркурия, Венеры, Марса и космического пространства стартовой массой около 1 т. запускалась на планетоцентрические орбиты с 1962 по 1973 год 10 раз.

Несмотря на кажущуюся близость и доступность для наблюдений, по Меркурию в результате обработки материалов АМС "Маринер-10" в 1974–1975 гг. получены совершенно новые и сенсационные материалы.

Одним из интереснейших проектов был американский космический аппарат "Вояджер" для исследования далеких планет – Юпитера, Сатурна

и их спутников – с пролетной траектории с использованием поля тяготения Юпитера для маневра. Масса 773 кг. Начало запусков 1977 год.

В 1979–1981 гг. космические аппараты "Пионер", "Вояджер-1" и "Вояджер-2" прошли близ Сатурна. Удалось исследовать планету, ее кольца и спутники с расстояний, в тысячи раз более близких, чем при наблюдении с Земли.

Наибольшего внимания из близких небесных тел заслуживает **Марс**.

Первым попытался покорить Красную планету Советский Союз. Всего с 1960 года, когда начались исследования Марса, к планете стартовал 31 космический аппарат. 20 из них либо не долетели до цели, либо не справились с возложенными на них задачами. Из 16 советских/российских аппаратов лишь 2 полностью выполнили свои программы.

В 1962 году к Марсу полетели и первые американские аппараты. Один из них также постигла неудача, зато второй сделал первые снимки планеты. В 1969 году пролетевшие вблизи Марса аппараты "Маринер-6" и "Маринер-7" передали на Землю в общей сложности 800 мегабит данных. С тех пор Советский Союз и США осуществляли запуски с переменным успехом. Советские аппараты "Марс-2" и "Марс-3" достигли поверхности Марса. Правда, посадочный аппарат "Марс-2" не смог осуществить мягкую посадку из-за несрабатывания тормозных двигателей. Зато он стал первым искусственным объектом на этой планете, доставив на Марс герб СССР. Посадочный аппарат "Марс-3" совершил успешную мягкую посадку и начал передавать изображение окрестностей, но всего через двадцать секунд по неизвестной причине вышел из строя – по всей видимости, виновником этого стала мощная пылевая буря, бушевавшая в это время на планете. Затем на Марс отправились американский "Маринер-9" и советские "Марс-4", "Марс-5", "Марс-6" и "Марс-7". Они также только частично выполнили поставленную задачу.

В 1976 году на Марс высадились два американских аппарата серии "Викинг". Оба смогли выполнить возложенные на них задачи.

В 1996 году американская программа Mars Global Surveyor вновь принесла успех. Аппарат, севший на Марс, в 1997 г. начал масштабные исследования ландшафта планеты, передавая на Землю снимки с разных точек. Выбор таких точек для фотосъемки можно делать около 10 раз в неделю. Он работает на Марсе до сих пор. В конце декабря 1996 года США отправили на Красную планету автоматическую межпланетную станцию

Mars Pathfinder с марсоходом Sojourner. Но в сентябре 1997 года с марсоходом, который некоторое время проработал на планете, связь прервалась. Специалисты НАСА предположили, что это могло быть следствием сильных холодов на Марсе.

Неудачная попытка покорить Марс была предпринята японскими учеными. В начале декабря 2003 г. космическое агентство Японии объявило о потере управления над космическим аппаратом, запущенным в сторону Марса. Японцы отправили в космос зонд Nozomi, однако после пяти лет полета неисправности на его борту вызвали серьезное отклонение от заданной траектории, а из-за недостатка топлива коррекцию орбиты произвести не удалось.

И наконец, в категорию неудачных практически можно зачислить первую попытку покорения Марса Европейским космическим агентством. Исследовательский аппарат Beagle-2, которые 19 декабря 2003 г. отстыковался от орбитального модуля Mars Ekspress и отправился в свободном падении к поверхности планеты, достиг ее, но так и не подал сигнал о своей работоспособности.

Наконец, 4 января 2004 г. первые "шаги" по поверхности Красной планеты сделал американский марсоход "Спирит", а 25 января – марсоход "Оппортьюнити". Через автоматическую орбитальную станцию "Марс-Одиссей" они передали значительные объемы информации как с телекамер, так и датчиков температуры, давления, состава атмосферы и грунта.

15 октября 1997 г. с космодрома им. Кеннеди в штате Флорида ракетой "Титан" запущен автоматический космический зонд "**Кассини**" в сторону Сатурна. Это самая дорогостоящая и амбициозная программа, когда-либо организованная НАСА. Стоимость программы 3,5 млрд долл.

Это не первый запуск зондов в сторону Сатурна. "Пионер-11" с массой 260 кг в 1973 г. и "Вояджер-1" и "Вояджер-2" с массой 733 кг в 1977 г., используя поле притяжения Юпитера, исследовали Сатурн с пролетной траектории.

Питание аппаратуры зонда "Кассини", который достиг окрестностей Сатурна в 2004 г., осуществляется плутониевым генератором, масса плутония в котором превышает 32 кг.

Научное оборудование зонда составляют ультрафиолетовый спектрометр UVIS, плазменный спектрометр CAPS, измеритель параметров магнитосферы MIMI, анализатор космической пыли CDA, измеритель радио-

и плазменных волн RPWS, магнетометр MAG, система формирования изображения и спектрометр видимого и инфракрасного диапазона длин волн VIMS – всего 12 систем, включая цветную телекамеру. К станции пристыкован посадочный модуль Европейского космического агентства – зонд "Гюйгенс", который "Кассини" должен доставить к самому большому спутнику Сатурна Титану.

Баллистика полета рассчитана из соображений получения максимального объема информации и использования гравитации попутных космических тел для достижения нужной скорости. Первым объектом на пути к Сатурну была Венера (1998 г.), затем вновь Венера (1999 г.) и Земля (18 августа 1999 г., расстояние – 1666 км). Космический корабль сблизился с Землей на скорости 16 км/с, после чего получил от нее дополнительный импульс и достиг скорости 20 км/с, начав двигаться по орбите с афелием на расстоянии 7,2 астрономической единицы между орбитами Юпитера и Сатурна. Огромная масса следующей "станции" в полете – Юпитера (30 декабря 2000 г.) – довела скорость "Кассини" до уровня, достаточного для достижения конечной цели экспедиции в 2004 г. В энергетическом отношении эти пролеты эквивалентны использованию 75 тонн ракетного топлива. "Кассини" же покинула Землю, имея в запасе всего 3 т.

В июне 2004 г. "Кассини" достиг окрестностей Сатурна и дал ценную информацию о строении его колец. 19 октября "Кассини" прошел на расстоянии всего 1200 км от спутника Сатурна Титан.

15 января 2005 г. отделившийся от "Кассини" посадочный модуль "Гюйгенс" на парашютах опустился на поверхность Титана, передав сенсорные снимки с траектории спуска и поверхности.

Названия других американских **программ**: "Галилео", "Магеллан", "Улисс", "Клементина".

НАСА планирует в самом начале нового века осуществить один из грандиозных проектов третьего тысячелетия – **колонизацию Луны**. Есть уже точные расчеты, строгие чертежи, выбрано место сборки первого модуля, разрабатываются более совершенные скафандры. Зачем человеку Луна?

Прежде всего, создание базы на Луне позволит провести множество научных экспериментов, которые на космических станциях трудноосуществимы, а порой и невозможны. Часто для эксперимента или работы нужна тяжелая, громоздкая аппаратура, которую на базе можно собрать из частей.

Луна – прекрасный полигон для отработки техники, предназначенной для освоения Марса, а затем и других планет. Наконец, база послужит для разведки в лунных породах полезных ископаемых.

Место базы определено в районе экватора на восточном полушарии в море Смита. Вокруг этой точки уже намечено 9 петлеобразных маршрутов в радиусе до 25 км от базы. Грузовой корабль доставит на Луну жилой модуль и все оборудование. Он так и останется на доставившем его спускаемом аппарате. Космонавты стартуют после получения информации об исправности всех его систем.

Первый полет рассчитан на 45 суток работы на поверхности Луны экипажа из 4 человек. Контейнер с оборудованием будет содержать 3 тонны аппаратуры, включающей луноход, переносной телескоп, солнечный телескоп, установку по получению кислорода из лунного грунта.

Планируется и второй полет на базу, в программу которого включено бурение на 10-метровую глубину, установка радиотелескопа.

Самая волнующая проблема – защита космонавтов от губительного действия космических лучей, что на Земле выполняет магнитное поле. На Луне же лучи способны нарушить и даже разрушить молекулярную структуру живой ткани. Естественной защитой может послужить грунт, при этом двухметровый слой снижает дозу облучения до земных норм.

В настоящее время более 75 стран занимаются освоением космоса. В космосе побывали более 300 американцев; космонавтов имеет Германия, Франция, Канада, Япония, Болгария, Голландия, Израиль, Индия, Китай, Польша, Словакия, Чехия и другие.

Все большее внимание исследователей привлекают астероиды. Например, вокруг астероида Веста, размер которого в поперечнике составляет около 800 км, зонд Dawn будет летать на высоте 100 км. Специалисты полагают, что воды на этом астероиде нет, но зато есть следы потоков лавы. Поверхность Цереры, наоборот, содержит водоносные минералы. Возможно даже, что этот астероид имеет очень тонкую атмосферу.

Dawn определит размеры и вес астероидов, исследует имеющиеся на их поверхности кратеры, постарается определить их состав и наличие у них магнитного поля. Вся эта информация должна помочь специалистам лучше понять, как образовалась наша солнечная система и как проходила ее эволюция.

Не ослабевает интерес и к внутренним планетам. Так, в 2004 г. состоялась запуск американской АМС "Мессенджер" к **Меркурию**. Пройдя 8 млрд км, сделав 2 оборота вокруг Венеры и 8 вокруг Солнца, станция выйдет на орбиту спутника Меркурия. Ей придется работать при температуре 700 °С. Главные задачи: передача подробной карты поверхности, поиск воды.

Россия и США планируют произвести запуск первого космического корабля, приводимого в движение **солнечным ветром**. Космический аппарат "Космос-1", разработанный в Научно-исследовательском центре имени Бабакина, намерена запустить частная американская организация "Планетарное общество" (Planetary Society).

Запуск будет произведен с российской ядерной подводной лодки в Баренцевом море с помощью ракеты "Волна". Аппарат весом в 100 килограммов планируется вывести на 800-километровую орбиту, где будет раскрыт 15-метровый солнечный парус, выполненный из светоотражающей полимерной плёнки толщиной 7,5 микрон. Согласно теории, отражаемые зеркальной поверхностью солнечного паруса частицы света – фотоны – должны создавать на его поверхности давление, которое и будет приводить космический корабль в движение.

По расчетам ученых, это давление настолько слабо, что первоначальная скорость аппарата с раскрытым парусом составит примерно 1 миллиметр в секунду. Однако уже через 100 дней аппарат может ускориться до 160 тысяч километров в час. Таким образом, медленно, но верно разгоняют космический фрегат до скоростей порядка семидесяти километров в секунду. Причём, заметьте, такой корабль разгоняется непрерывно – с самого начала своего полета. В настоящее время солнечный парус в качестве движителя космических кораблей является самым перспективным конкурентом обычным химическим движителям. Так, традиционный космический аппарат может достичь орбиты Плутона за девять лет, однако если будет использоваться солнечный ветер, то это же расстояние будет покрыто за пять лет. Кроме того, солнечный ветер решает проблему дорогостоящего топлива.

НАША ГАЛАКТИКА

Только в начале XX в. было окончательно доказано, что все видимые на небе звезды образуют обособленную звездную систему - Галактику, хотя задолго до этого высказывалось немало правильных идей. Так, английский ученый Вильям Гершель (1738-1822) первым указал путь для решения задачи о строении мира звезд, состоящий в подсчете звезд в одинаково малых участках, выбранных в различных областях неба.

Постепенно выяснилось, что звезды *Млечного Пути* - светлой серебристой полосы, опоясывающей все небо¹, составляют часть нашей сильно сплюсненной звездной системы - Галактики. Так как полоса Млечного Пути опоясывает небо по большому кругу, то мы находимся вблизи его плоскости, которую называют галактической. Дальше всего Галактика простирается вдоль этой плоскости. В перпендикулярном к ней направлении плотность звезд быстро падает, следовательно, Галактика в этом направлении простирается не так далеко.

Наблюдаемая структура Млечного Пути отчасти обусловлена реальным расположением слабых (т. е. далеких) звезд, из которых он состоит, отчасти тем, что местами их закрывают облака, содержащие космическую пыль. Такое темное облако можно заметить около звезды Денеб в созвездии Лебедя, где начинается разделение Млечного Пути на две ветви, соединяющиеся снова в южном полуша-



рис. Вид Млечного Пути для невооруженного глаза

¹ Древние греки назвали его "галаксиас", т. е. молочный круг (от слова гала - молоко)

рии неба. Это кажущееся раздвоение вызвано скоплением космической

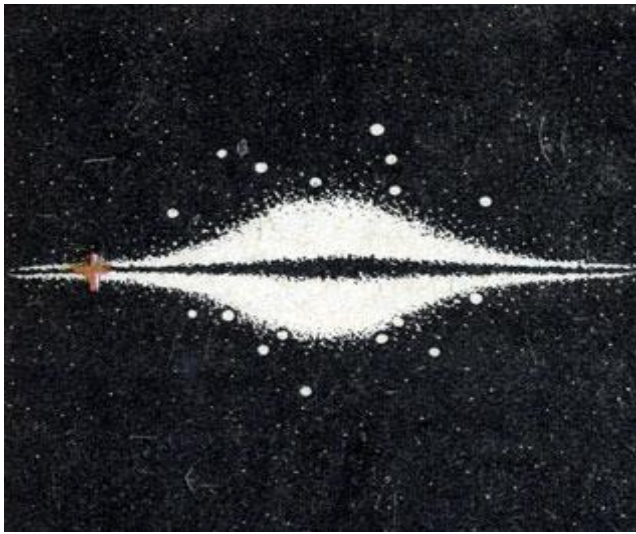


Рис. Схематическое изображение Галактики с системой шаровых звездных скоплений (вид с ребра, положение Солнечной системы отмечено крестиком)

пыли, заслоняющей часть самых ярких мест Млечного Пути, в том числе находящихся в созвездиях Скорпиона и Стрельца. Иногда неудачно говорят, что Млечный Путь - это и есть наша Галактика. Млечный Путь - это видимое нами на небе светлое кольцо, а наша Галактика - это гигантский звездный остров. Большинство ее звезд находится в полосе Млечного Пути, но ими она не исчерпывается. В Галактику входят звезды всех созвездий.

Подсчитано, что число звезд 21-й величины и всех более ярких на всем небе составляет около $2 \cdot 10^9$,

но это лишь небольшая часть звездного "населения" нашей звездной системы - Галактики. Размеры Галактики были намечены по расположению звезд, которые видны на больших расстояниях. Это цефеиды и горячие сверхгиганты. Диаметр Галактики можно принять примерно равным 30 000 пк, или 100 000 световых лет, но четкой границы у нее нет, так как звездная плотность в Галактике постепенно сходит на нет.

В центре Галактики находится ядро диаметром 1000-2000 пк - огромное уплотненное скопление звезд. Оно расположено от нас на расстоянии почти 10 000 пк (30 000 световых лет) в направлении созвездия Стрельца, но почти целиком скрыто завесой облаков, содержащих космическую пыль.

В состав ядра Галактики входит много красных гигантов и короткопериодических цефеид. Звезды верхней части главной последовательности, а особенно сверхгиганты и классические цефеиды, составляют более молодое население. Оно располагается дальше от центра и образует сравнительно тонкий слой, или диск. Среди звезд этого диска расположена пылевая материя и облака газа. Субкарлики и гиганты образуют вокруг ядра и диска Галактики сферическую систему.

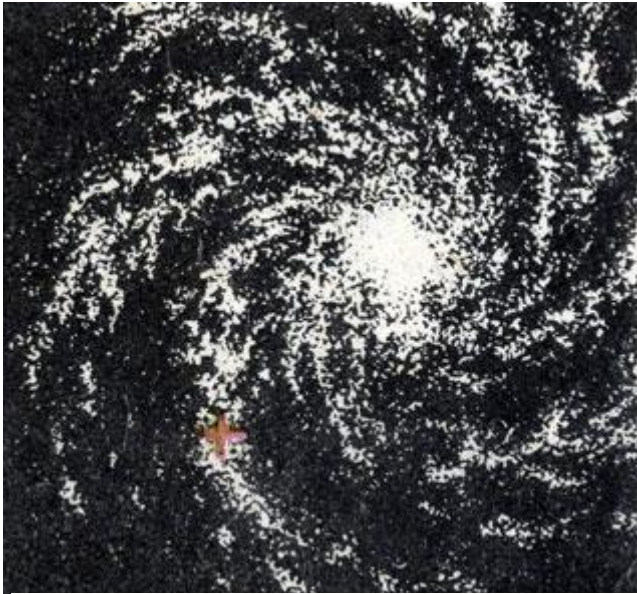


Рис. Спиральные ветви Галактики

По аналогии с другими звездными системами, можно считать, что в диске нашей Галактики должны существовать спиральные ветви, выходящие из ядра и сходящиеся на концах на нет. Для таких ветвей характерны горячие сверхгиганты и классические цефеиды. Однако точное расположение и форма спиральных ветвей в нашей Галактике еще не установлены.

Все звезды Галактики обращаются вокруг ее центра. Угловая

скорость обращения звезд во внутренней области Галактики примерно одинакова, а внешние ее части вращаются медленнее. Этим обращение звезд в Галактике отличается от обращения планет в Солнечной системе, где и угловая, и линейная скорости быстро уменьшаются с увеличением радиуса орбиты. Это различие связано с тем, что ядро Галактики не преобладает в ней по массе, как Солнце в солнечной системе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы видим, как по мере роста оснащенности, накопления информации, совершенствования математического аппарата изменяются наши астрономические знания. И не только знания, но и область интересов, и программы исследований.

Если первый космический полет Ю. Гагарина в 1961 г. продолжался 108 минут, через 33 года В. Поляков провел в космосе в одном полете 438 суток, а к 1997 С. Авдеев "установил планку" суммарной продолжительности пребывания в космосе на высоте 749 суток.

Если полет первого американского астронавта А. Шепарда в 1961 г. имел продолжительность 15 мин, в 1969 г. его коллега Н. Армстронг работал на поверхности Луны почти 2 часа, общее время пребывания лунного модуля на спутнике Земли составило 21 ч 36 мин.

Если первая АМС "Луна-1" в 1959 г. просто пролетела далеко от цели, экспедиция "Кассини" "попала" в цель своего 7-летнего полета – спутник Сатурна, – покрыв расстояние в 3 млрд километров, точно по расписанию.

Очевидно, что сложность и практическая результативность космических исследований будут расти день ото дня.

Список рекомендуемой литературы

- 1.Абалкин В.К. Формирование и динамика Солнечной системы / В.К. Абалкин, А.С. Сочилина. – Л.: Знание, 1984.
- 2.Азимов А. Вселенная / А. Азимов. – М.: Мир, 1969.
- 3.Бронштэн В.А. Гипотезы о звездах и Вселенной / В.А. Бронштэн. – М.: Наука, 1974.
- 4.Бурдаков В.П. Ракеты будущего / В.П. Бурдаков, Ю.И. Данилов. – М.: Наука, 1991.
- 5.Вейнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной / С. Вейнберг. – М.: Наука, 1981.
- 6.Витинский Ю.И. Солнечная активность / Ю.И. Витинский. – М., 1983.
- 7.Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия: Учебное пособие для 10 класса средней школы. 17-е изд., перераб. - Москва: Просвещение, 1987 - 159 с.
- 8.Гильберг Л.А. От самолета к орбитальному комплексу / Л.А. Гильберг. – М.: Просвещение, 1992.
- 9.Гурштейн А.А. Извечные тайны неба: Кн. для учащихся. – 2-е изд. / А.А. Гурштейн. – М.: Просвещение, 1984. – 272с.
- 10.Дагаев М.М. Книга для чтения по астрономии: Астрофизика / М.М. Дагаев, В.М. Чаругин. – М.: Просвещение, 1988.
- 11.Девис П. Пространство и время в современной картине Вселенной / П. Девис. – М., 1979.
- 12.Девис П. Случайная Вселенная / П. Девис. – М.: Мир, 1985.
- 13.Девис П. Суперсила / П. Девис. – М.: Мир, 1989.
- 14.Демин В.Н. К звездам быстрее света: Русский космизм вчера, сегодня, завтра / В.Н.Демин, В.П. Селзнев. – М., 1993.
- 15.Залесский Л.Б. Астрономические аспекты современного естествознания: Учебное пособие. – Н. Новгород: 2005. – 58 с.
- 16.Зельдович Я.Б. Релятивистская астрофизика / Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков. – М.: Мир, 1967.
- 17.Левитан Е.П. Астрономия / Е.П. Левитан. – М.: Просвещение, 1994.
- 18.Левитан Е.П. Эволюционирующая Вселенная / Е.П. Левитан. ≈ М.: Просвещение, 1993.
- 19.Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология / А.Д. Линде. – М.: Наука, 1990.
- 20.Морозенко А.Ф. Королев – столица российской космонавтики / А.Ф. Морозенко, В.М. Шутов. // Наука в России: 2000. – №1. – С. 12-22.

21. Перельман Я.И. Занимательная астрономия. Издание седьмое. М., ГТТИ, 1954 — 212 с.
22. Пригожин И. Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стенгерс. — М.: Мир, 1986.
23. Уайт А. Планета Плутон / А. Уайт. — М.: Мир, 1983. — 125 с.
24. Уилл Ф.Л. Семья Солнца: Планеты и спутники Солнечной системы / Ф.Л. Уилл. — М.: Мир, 1984.
25. Уманский С.П. Космонавтика сегодня, завтра / С.П. Уманский. — М.: Просвещение, 1986.
26. Хэнкок Г. Тайны Марса / Г. Хэнкок, Р. Бьювэл, Дж. Григзби. — М.: Вече, 1999.
27. Цесевич В.П. Что и как наблюдать на небе / В.П. Цесевич. — М.: Наука, 1984. — 303 с.
28. Цикл Ф.Я. Семья Солнца: планеты и спутники Солнечной системы / Ф.Я. Цикл. — М.: Мир, 1984.
29. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. — 2-е изд. / А.Л. Чижевский. — М.: Мысль, 1976, 367 с.
30. Чижевский А.Л. Кн. 1: Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гемотараксия; Кн. 2: На берегу Вселенной: Годы дружбы с Циолковским. Воспоминания / А.Л. Чижевский. — М.: Мысль, 1995.
31. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум / И.С. Шкловский. — М.: Наука, 1987.
32. Эшель Ф.Ю. Вам, земляне / Ф.Ю. Эшель. — М.: Наука, 1983.
33. Юренчук Н. Красная планета / Н. Юренчук. — СПб.: Квэйк, 1998.

Пособие предназначается студентам всех специальностей отдела среднего профессионального образования ИЭП ННГУ, изучающим концепции современного естествознания и другие природоведческие дисциплины.

В тексте пособия использованы отрывки учебных из пособий:

Воронцов-Вельяминов Б.А. *Астрономия: Учебное пособие для 10 класса средней школы.* 17-е изд., перераб. - Москва: Просвещение, 1987 - 159 с.

Залесский Л.Б. *Астрономические аспекты современного естествознания: Учебное пособие.* – Н. Новгород: 2005. – 58 с.

Перельман Я.И. *Занимательная астрономия.* Издание седьмое. М., ГТТИ, 1954 — 212 с.