

Лекция. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА. СОЛНЦЕ. ПЛАНЕТЫ.

ЗАДАНИЕ: Прочитать, предложенный для ознакомления, теоретический материал. Ответить на вопросы. Изучить понятийный аппарат.

Вопросы на повторение теоретического материала лекции:

1. Почему Солнечная Система имеет такое название?
2. Каковы гипотезы происхождения Солнечной Системы?
3. Что входит в состав Солнечной Системы?
4. Какова общая характеристика планет земной группы?
5. Какова общая характеристика планет группа «планеты – гиганты»?
6. Каковы характеристики Солнца?

Основные понятия: астероид, планеты-гиганты, планеты-карлики, пояс астероид, Солнце, солнечная корона, фотосфера.

Строение и состав Солнечной системы. Две группы планет. Наша Земля входит в число 8 больших планет, обращающихся вокруг Солнца. Именно в Солнце сосредоточена основная часть вещества Солнечной системы. Масса Солнца в 750 раз превосходит массу всех планет и в 330 000 раз – массу Земли. Под действием силы его притяжения происходит движение планет и всех других тел Солнечной системы вокруг Солнца.

Расстояния между **Солнцем** и планетами во много раз превосходят их размеры, и нарисовать такую схему, на которой соблюдался бы единый масштаб для Солнца, планет и расстояний между ними, практически невозможно. Диаметр Солнца в 109 раз больше, чем Земли, а расстояние между ними примерно во столько же раз больше диаметра Солнца. К тому же расстояние от Солнца до последней планеты Солнечной системы (Нептуна) в 30 раз больше, чем расстояние до Земли. Если изобразить нашу планету в виде кружочка диаметром 1 мм, то Солнце окажется на расстоянии около 11 м от Земли, а его диаметр будет примерно 11 см. Орбита Нептуна будет показана окружностью радиусом 330 м. Поэтому обычно приводят не современную схему Солнечной системы, а лишь рисунок из книги Коперника «Об обращении небесных кругов» с иными, весьма приблизительными пропорциями.

По физическим характеристикам большие планеты разделяются на две группы. Одну из них – планеты земной группы – составляют Земля и сходные с ней Меркурий, Венера и Марс. Во вторую входят планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун

До 2006 г. самой далекой от Солнца большой планетой считался Плутон. Теперь

он вместе с другими объектами подобного размера – давно известными крупными астероидами и объектами, обнаруженными на окраинах Солнечной системы, – **относится к числу планет-карликов**. Разделение планет на группы прослеживается по трем характеристикам (масса, давление, вращение), но наиболее четко – по плотности. Планеты, принадлежащие к одной и той же группе, по плотности различаются между собой незначительно, в то время как средняя плотность планет земной группы примерно в 5 раз больше средней плотности планет-гигантов. Большая часть массы **планет земной группы** приходится на долю твердых веществ. Земля и другие планеты земной группы состоят из оксидов и других соединений тяжелых химических элементов: железа, магния, алюминия и других металлов, а также кремния и других неметаллов. На долю четырех наиболее обильных в твердой оболочке нашей планеты (литосфере) элементов – железа, кислорода, кремния и магния – приходится свыше 90 % ее массы. Малая плотность **планет-гигантов** (у Сатурна она меньше плотности воды) объясняется тем, что они состоят в основном из водорода и гелия, которые находятся преимущественно в газообразном и жидком состояниях. Атмосферы этих планет содержат также соединения водорода – метан и аммиак. Различия между планетами двух групп возникли уже на стадии их формирования. Из планет-гигантов лучше всего изучен Юпитер, на котором даже в небольшой школьный телескоп видны многочисленные темные и светлые полосы, тянущиеся параллельно экватору планеты. Так выглядят облачные образования в его атмосфере, температура которых всего $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$, а давление примерно такое же, как у поверхности Земли. Красновато-коричневый цвет полос объясняется, видимо, тем, что, помимо кристаллов аммиака, составляющих основу облаков, в них содержатся различные примеси. На снимках, полученных космическими аппаратами, видны следы интенсивных и иногда устойчивых атмосферных процессов. Так, уже свыше 350 лет на Юпитере наблюдают атмосферный вихрь, получивший название Большое Красное Пятно. В земной атмосфере циклоны и антициклоны существуют в среднем около недели. Атмосферные течения и облака зафиксированы космическими аппаратами и на других планетах-гигантах, хотя развиты они в меньшей степени, чем на Юпитере. **Строение.** Предполагают, что по мере приближения к центру планет-гигантов водород вследствие возрастания давления должен переходить из газообразного в газожидкое состояние, при котором сосуществуют его газообразная и жидкая фазы. В центре Юпитера давление в миллионы раз превышает атмосферное давление, существующее на Земле, и водород приобретает свойства, характерные для металлов. В недрах Юпитера металлический водород вместе с силикатами и металлами образует ядро, которое по размерам примерно в 1,5 раза, а по массе в 10–15 раз превосходит Землю. **Масса.** Любая из планет-гигантов превосходит по массе все планеты земной группы, вместе взятые. Самая крупная планета Солнечной системы – Юпитер больше самой крупной планеты земной группы – Земли по диаметру в 11 раз и по массе в 300 с лишним раз. **Вращение.** Отличия между планетами двух групп проявляются и в том, что планеты-гиганты быстрее вращаются вокруг оси, и в числе спутников: на 4 планеты земной группы приходится всего 3 спутника, на 4 планеты-гиганта – более 120. Все эти спутники состоят из тех же веществ, что и планеты земной группы, – силикатов, оксидов и сульфидов металлов и т. д., а также водяного (или водно-аммиачного) льда. Помимо многочисленных кратеров метеоритного происхождения, на поверхности многих спутников обнаружены тектонические разломы и трещины их коры или ледяного покрова.

Самым удивительным оказалось открытие на ближайшем к Юпитеру спутнике Ио около десятка действующих вулканов. Это первое достоверное наблюдение вулканической деятельности земного типа за пределами нашей планеты. Кроме спутников, планеты-гиганты имеют еще и кольца, которые представляют собой скопления небольших по размеру тел. Они так малы, что в отдельности не видны. Благодаря их обращению вокруг планеты кольца кажутся сплошными, хотя сквозь кольца Сатурна, например, просвечивают и поверхность планеты, и звезды. Кольца располагаются в непосредственной близости от планеты, где не могут существовать крупные спутники.

Происхождение Солнечной системы Возраст наиболее древних пород, обнаруженных в образцах лунного грунта и метеоритах, составляет примерно 4,5 млрд лет. Расчеты возраста Солнца дали близкую величину – 5 млрд лет. Принято считать, что все тела, которые в настоящее время составляют Солнечную систему, образовались примерно 4,5–5 млрд лет тому назад. Согласно наиболее разработанной гипотезе, все они сформировались в результате эволюции огромного холодного газопылевого облака. Эта гипотеза достаточно хорошо объясняет многие особенности строения Солнечной системы, в частности, значительные различия двух групп планет. В течение нескольких миллиардов лет само облако и входящее в его состав вещество значительно изменялись. Частицы, из которых состояло это облако, обращались вокруг Солнца по самым различным орбитам. В результате одних столкновений частицы разрушались, а при других – объединялись в более крупные. Возникали более крупные сгустки вещества – зародыши будущих планет и других тел. Подтверждением этих представлений можно считать и метеоритную «бомбардировку» планет – по сути, она является продолжением того процесса, который в прошлом привел к их образованию. В настоящее время, когда в межпланетном пространстве метеоритного вещества остается все меньше и меньше, этот процесс идет значительно менее интенсивно, чем на начальных стадиях формирования планет. Вместе с тем в облаке происходили перераспределение вещества, его дифференциация. Под влиянием сильного нагрева из окрестностей Солнца улетучивались газы (в основном это самые распространенные во Вселенной – водород и гелий) и оставались лишь твердые тугоплавкие частицы. Из этого вещества сформировались Земля, ее спутник – Луна, а также другие планеты земной группы. В процессе формирования планет и позднее на протяжении миллиардов лет в их недрах и на поверхности происходили процессы плавления, кристаллизации, окисления и другие физико-химические процессы. Это привело к существенному изменению первоначального состава и строения вещества, из которого образованы все ныне существующие тела Солнечной системы. Вдали от Солнца на периферии облака эти летучие вещества намерзали на пылевые частицы. Относительное содержание водорода и гелия оказалось повышенным. Из этого вещества сформировались планеты-гиганты, размеры и масса которых значительно превышают планеты земной группы. Ведь объем периферийных частей облака был больше, а стало быть, больше и масса вещества, из которого образовались далекие от Солнца планеты. Данные о природе и химическом составе спутников планет – гигантов, полученные в последние годы с помощью космических аппаратов, стали еще одним подтверждением справедливости современных представлений о происхождении тел Солнечной системы. В условиях, когда водород и гелий, ушедшие на периферию

протопланетного облака, вошли в состав планет-гигантов, их спутники оказались похожими на Луну и планеты земной группы. Однако не все вещество протопланетного облака вошло в состав планет и их спутников. Многие сгустки его вещества остались как внутри планетной системы в виде астероидов и еще более мелких тел, так и за ее пределами в виде ядер комет.

Солнце Солнце – центральное тело Солнечной системы – является типичным представителем звезд, наиболее распространенных во Вселенной тел. Как и многие другие звезды, Солнце представляет собой огромный газовый шар, находящийся в равновесии в поле собственного тяготения.

С Земли мы видим Солнце как небольшой диск, угловой диаметр которого примерно равен $0,5^\circ$. Его край достаточно четко определяет граница того слоя, от которого приходит свет. Этот слой Солнца называется фотосферой (в переводе с греческого – *сфера света*). Солнце испускает в космическое пространство колоссальный по мощности поток излучения, который в значительной мере определяет условия на поверхности планет и в межпланетном пространстве. Полная мощность излучения Солнца, его светимость составляет $4 \cdot 10^{23}$ кВт. Земля получает всего лишь одну двухмиллиардную долю солнечного излучения. Однако и этого достаточно, чтобы приводить в движение огромные массы воздуха в земной атмосфере, управлять погодой и климатом на земном шаре.

Основные физические характеристики Солнца

Масса (M) = $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Радиус (R) = $7 \cdot 10^8$ м.

Средняя плотность (ρ) = $1,4 \cdot 10^3$ кг/м³.

Ускорение силы тяжести (g) = $2,7 \cdot 10^2$ м/с².

На основе этих данных, используя закон всемирного тяготения и уравнение газового состояния, можно рассчитать условия внутри Солнца. Такие расчеты позволяют получить модель «спокойного» Солнца. При этом принимается, что в каждом его слое соблюдается условие гидростатического равновесия: действие сил внутреннего давления газа уравнивается действием сил тяготения. Согласно современным данным, давление в центре Солнца достигает $2 \cdot 10^8$ Н/м², а плотность вещества значительно превышает плотность твердых тел в земных условиях: $1,5 \cdot 10^5$ кг/м³, т. е. в 13 раз больше плотности свинца. Тем не менее применение газовых законов к веществу, находящемуся в этом состоянии, оправдано тем, что оно ионизовано. Размеры атомных ядер, потерявших свои электроны, примерно в 10 тысяч раз меньше размеров самого атома. Поэтому размеры самих частиц пренебрежимо малы по сравнению с расстояниями между ними. Это условие, которому должен удовлетворять идеальный газ, для смеси ядер и электронов, составляющих вещество внутри Солнца, выполняется, несмотря на его высокую плотность. Такое состояние вещества принято называть плазмой. Температура плазмы в центре Солнца достигает примерно 15 млн К.

При столь высокой температуре протоны, которые преобладают в составе

солнечной плазмы, имеют столь большие скорости, что могут преодолеть электростатические силы отталкивания и взаимодействовать между собой. В результате такого взаимодействия происходит термоядерная реакция: четыре протона образуют альфа-частицу – ядро гелия. Реакция сопровождается выделением определенной порции энергии – гамма-кванта. Из недр Солнца наружу эта энергия передается двумя способами: излучением, т. е. самими квантами, и конвекцией, т. е. веществом. Выделение энергии и ее перенос определяют внутреннее строение Солнца: ядро – центральная зона, где происходят термоядерные реакции, зона передачи энергии излучением и наружная конвективная зона. Каждая из этих зон занимает примерно $\frac{1}{3}$ солнечного радиуса. Следствием конвективного движения вещества в верхних слоях Солнца является своеобразный вид фотосферы – **грануляция**. Фотосфера как бы состоит из отдельных зерен – гранул, размеры которых составляют в среднем несколько сотен (до 1000) километров. **Гранула** представляет собой поток горячего газа, поднимающийся вверх. В темных промежутках между гранулами находится более холодный газ, опускающийся вниз. Каждая гранула существует всего 5-10 мин, затем на ее месте появляется новая, которая отличается от прежней по форме и размерам. Однако общая наблюдаемая картина при этом не меняется.

Фотосфера – самый нижний слой атмосферы Солнца. За счет энергии, поступающей из недр Солнца, вещество фотосферы приобретает температуру около 6000 К. Прилегающий к ней тонкий (около 10 000 км) слой называют хромосферой, выше которой на десятки радиусов Солнца простирается солнечная корона. Плотность вещества в короне по мере удаления от Солнца постепенно уменьшается, но потоки плазмы из короны (солнечный ветер) проходят через всю планетную систему. Основными составляющими солнечного ветра являются протоны и электроны, которые значительно меньше альфа-частиц (ядер гелия) и других ионов.

Как правило, в атмосфере Солнца наблюдаются многообразные проявления солнечной активности, характер протекания которых определяется поведением солнечной плазмы в магнитном поле, – пятна, вспышки, протуберанцы и т. п. Наиболее известными из них являются солнечные пятна, открытые еще в начале XVII в. во время первых наблюдений при помощи телескопа. Впоследствии оказалось, что пятна появляются в тех сравнительно небольших областях Солнца, которые выделяются очень сильными магнитными полями. Сначала пятна наблюдаются как маленькие темные участки диаметром 2000–3000 км. Большинство из них в течение суток пропадает, однако некоторые увеличиваются в десятки раз. Такие пятна могут образовывать большие группы и существовать, меняя форму и размеры, на протяжении нескольких месяцев, т. е. нескольких оборотов Солнца. У крупных пятен вокруг наиболее темной центральной части (ее называют тень) наблюдается менее темная полутень. В центре пятна температура вещества снижается до 4300 К. Несомненно, что такое понижение температуры связано с действием магнитного поля, которое нарушает нормальную конвекцию и тем самым препятствует притоку энергии снизу. **Самыми мощными проявлениями солнечной активности являются вспышки, в процессе которых за несколько минут иногда выделяется энергия до 10^{25} Дж (такова энергия примерно миллиарда атомных бомб)**. Вспышки наблюдаются как внезапные усиления яркости отдельных участков Солнца в районе пятна. По скорости протекания вспышка подобна взрыву.

Продолжительность сильных вспышек в среднем достигает 3 ч, а слабые длятся всего 20 мин. Вспышки также связаны с магнитными полями, которые в этой области после вспышки существенно меняются (как правило, ослабевают). За счет энергии магнитного поля плазма может нагреваться до температуры порядка 10 млн К. При этом значительно увеличивается скорость ее потоков, которая достигает 1000–1500 км/с, возрастает энергия электронов и протонов, входящих в состав плазмы. За счет этой дополнительной энергии возникает оптическое, рентгеновское, гамма- и радиоизлучение вспышек.

Потоки плазмы, образующиеся во время вспышки, через сутки-двое достигают окрестностей Земли, вызывая магнитные бури и другие геофизические явления. Например, при сильных вспышках практически прекращается слышимость радиопередач на коротких волнах по всему освещенному полушарию нашей планеты. **Наиболее крупными по своим масштабам проявлениями солнечной активности являются наблюдаемые в солнечной короне протуберанцы – огромные по объему облака газа, масса которых может достигать миллиардов тонн.** Некоторые из них («спокойные») напоминают по форме гигантские занавеси толщиной 3–5 тыс. км, высотой около 10 тыс. км и длиной до 100 тыс. км, подпираемые колоннами, по которым газ течет из короны вниз. Они медленно меняют свою форму и могут существовать в течение нескольких месяцев. Во многих случаях в протуберанцах наблюдается упорядоченное движение отдельных сгустков и струй по криволинейным траекториям, напоминающим по форме линии индукции магнитных полей. Во время вспышек отдельные части протуберанцев могут подниматься вверх со скоростью до нескольких сотен километров в секунду на огромную высоту – до 1 млн км, что превышает радиус Солнца. Число пятен и протуберанцев, частота и мощность вспышек на Солнце меняются с определенной, хотя и не очень строгой, периодичностью – в среднем этот период составляет примерно 11,2 года. Отмечается определенная связь процессов жизнедеятельности растений и животных, состояния здоровья людей, погодно-климатических аномалий и других геофизических явлений и уровня солнечной активности. Однако механизм воздействия процессов солнечной активности на земные явления еще не вполне ясен.

Планеты земной группы. Система Земля – Луна Благодаря наличию спутника, Луны, Землю нередко называют двойной планетой. Этим подчеркивается как общность их происхождения, так и редкостное соотношение масс планеты и ее спутника: Луна всего в 81 раз меньше Земли. Несмотря на общность происхождения, природа Луны существенно отличается от земной, что определяется ее массой и размерами. Из-за того что сила тяжести на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на поверхности Земли, молекулам газа гораздо легче покинуть Луну. Поэтому наш естественный спутник лишен заметной атмосферы и гидросферы. Отсутствие атмосферы и медленное вращение вокруг оси (сутки на Луне равны земному месяцу) приводят к тому, что в течение дня поверхность Луны нагревается до 120 °С, а ночью остывает до -170 °С. Из-за отсутствия атмосферы лунная поверхность подвержена постоянной «бомбардировке» метеоритами и более мелкими микрометеоритами, которые падают на нее с космическими скоростями (десятки километров в секунду). В результате вся Луна покрыта слоем мелкораздробленного вещества – реголита. Как описывают американские астронавты, побывавшие на Луне, и как показывают снимки следов луноходов, по своим физико-механическим свойствам (размеры частиц,

прочность и т. п.) реголит похож на мокрый песок. При падении на поверхность Луны крупных тел образуются кратеры размером до 200 км в диаметре. Кратеры метрового и даже сантиметрового диаметра хорошо видны на панорамах лунной поверхности, полученных с космических аппаратов. В лабораторных условиях детально исследованы образцы пород, доставленных нашими автоматическими станциями «Луна» и американскими астронавтами, побывавшими на Луне на космическом корабле «Аполлон». Это позволило получить более полные сведения, чем при анализе пород Марса и Венеры, который проводился непосредственно на поверхности этих планет. Лунные породы похожи по своему составу на земные породы типа базальтов, норитов и анортозитов. Набор минералов в лунных породах беднее, чем в земных, но богаче, чем в метеоритах. На нашем спутнике нет и не было ни гидросферы, ни атмосферы такого состава, как на Земле. Поэтому там отсутствуют минералы, которые могут образовываться в водной среде и при наличии свободного кислорода. Лунные породы по сравнению с земными обеднены летучими элементами, но отличаются повышенным содержанием оксидов железа и алюминия, а в некоторых случаях титана, калия, редкоземельных элементов и фосфора. Никаких признаков жизни даже в виде микроорганизмов или органических соединений на Луне не обнаружено. Светлые области Луны – «материки» и более темные – «моря» отличаются не только по внешнему виду, но также по рельефу, геологической истории и химическому составу покрывающего их вещества. На более молодой поверхности «морей», покрытой застывшей лавой, кратеров меньше, чем на более древней поверхности «материки». В различных частях Луны заметны такие формы рельефа, как трещины, по которым происходит смещение коры по вертикали и горизонтали. При этом образуются только горы сбросового типа, а складчатых гор, столь типичных для нашей планеты, на Луне нет. Отсутствие на Луне процессов размывания и выветривания позволяет считать ее своеобразным геологическим заповедником, где на протяжении миллионов и миллиардов лет сохраняются все возникавшие за это время формы рельефа. Таким образом, изучение Луны дает возможность понять геологические процессы, происходившие на Земле в далеком прошлом, от которого на нашей планете не осталось никаких следов.

Наши соседи – Меркурий, Венера и Марс Оболочки Земли – атмосфера, гидросфера и литосфера – соответствуют трем агрегатным состояниям вещества – твердому, жидкому и газообразному. Наличие литосферы – отличительная черта всех планет земной группы.

Предполагают, что атмосферы Марса и Венеры в основном сохранили тот первичный химический состав, который когда-то имела и атмосфера Земли. За миллионы лет в земной атмосфере в значительной степени уменьшилось содержание углекислого газа и увеличилось – кислорода. Это объясняется растворением углекислого газа в земных водоемах, которые, видимо, никогда не замерзали, а также выделением кислорода появившейся на Земле растительностью. Ни на Венере, ни на Марсе такие процессы не происходили. Более того, современные исследования особенностей обмена углекислым газом между атмосферой и сушей (при участии гидросферы) способны объяснить, почему Венера лишилась своей воды, Марс замерз, а Земля осталась пригодной для развития жизни. Так что существование жизни на нашей планете объясняется, вероятно, не только ее расположением на благоприятном расстоянии от Солнца. Наличие гидросферы – уникальная

особенность нашей планеты, позволившая ей сформировать современный состав атмосферы и обеспечить условия для возникновения и развития жизни на Земле.

Меркурий. Эта самая маленькая и близкая к Солнцу планета во многом похожа на Луну, которую Меркурий лишь немного превосходит по размерам. Так же как и на Луне, самыми многочисленными и характерными объектами являются кратеры метеоритного происхождения, на поверхности планеты есть достаточно ровные низменности – «моря» и неровные возвышенности – «материки». Строение и свойства поверхностного слоя также сходны с лунным.

Вследствие почти полного отсутствия атмосферы перепады температуры на поверхности планеты в течение продолжительных «меркурианских» суток (176 земных) еще более значительны, чем на Луне: от 450 до -180 °С.

Венера. Размеры и масса этой планеты близки земным, однако особенности их природы существенно отличаются. Изучение поверхности Венеры, скрытой от наблюдателя постоянным слоем облаков, стало возможно лишь в последние десятилетия благодаря радиолокации и ракетно-космической технике.

По концентрации частиц облачный слой Венеры, верхняя граница которого находится на высоте около 65 км, напоминает земной туман с видимостью в несколько километров. Облака, возможно, состоят из капелек концентрированной серной кислоты, ее кристалликов и частиц серы. Для солнечного излучения эти облака достаточно прозрачны, так что освещенность на поверхности Венеры примерно такая же, как на Земле в пасмурный день.

Над низменными областями поверхности Венеры, которые занимают большую часть ее площади, на несколько километров возвышаются обширные плоскогорья, по размерам примерно равные Тибету. Расположенные на них горные массивы имеют высоту 7–8 км, а самые высокие – до 12 км. В этих районах имеются следы тектонической и вулканической деятельности, наиболее крупный вулканический кратер имеет диаметр чуть меньше 100 км. На Венере обнаружено много метеоритных кратеров диаметром от 10 до 80 км. Суточные колебания температуры на Венере практически отсутствуют, ее атмосфера хорошо сохраняет тепло даже в условиях продолжительных суток (один оборот вокруг оси планета совершает за 240 дней). Этому способствует парниковый эффект: атмосфера, несмотря на облачный слой, пропускает достаточное количество солнечных лучей, и поверхность планеты нагревается. Однако тепловое (инфракрасное) излучение нагретой поверхности в значительной степени поглощается содержащимся в атмосфере углекислым газом и облаками. Благодаря такому своеобразному тепловому режиму температура на поверхности Венеры выше, чем на Меркурии, который расположен ближе к Солнцу, и достигает до 470 °С. Проявления парникового эффекта, хотя и в меньшей степени, заметны и на Земле: в пасмурную погоду ночью почва и воздух охлаждаются не так интенсивно, как при ясном безоблачном небе, когда могут случиться ночные заморозки.

Марс. На поверхности этой планеты можно выделить крупные (более 2000 км в диаметре) впадины – «моря» и возвышенные области – «материки». На их поверхности, наряду с многочисленными кратерами метеоритного происхождения, обнаружены гигантские вулканические конусы высотой 15–20 км, диаметр основания которых достигает 500–600 км. Считается, что деятельность этих вулканов прекратилась лишь несколько сот миллионов лет тому назад. Из других форм рельефа

отмечены горные цепи, системы трещин коры, огромные каньоны и даже объекты, похожие на русла высохших рек. На склонах видны осыпи, встречаются участки, занятые дюнами. Все эти и другие следы атмосферной эрозии подтвердили предположения о пылевых бурях на Марсе. Исследования химического состава марсианского грунта, которые проведены автоматическими станциями «Викинг», показали высокое содержание в этих породах кремния (до 20 %), железа (до 14 %). В частности, красноватая окраска поверхности Марса, как и предполагалось, объясняется присутствием оксидов железа в виде такого известного на Земле минерала, как лимонит. Природные условия на Марсе весьма суровы: средняя температура на его поверхности всего $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и крайне редко бывает положительной. На полюсах Марса температура падает до $-125\text{ }^{\circ}\text{C}$, при которой не только замерзает вода, но даже углекислый газ превращается в сухой лед. Видимо, полярные шапки Марса состоят из смеси обычного и сухого льда. Вследствие смены времен года, каждое из которых примерно вдвое длиннее, чем на Земле, полярные шапки тают, углекислый газ выделяется в атмосферу и ее давление повышается. Перепад давления создает условия для сильных ветров, скорость которых может превышать 100 м/с , и возникновения пылевых бурь. Воды в атмосфере Марса мало, но вполне вероятно, что ее значительные запасы сосредоточены в слое многолетней мерзлоты, аналогичном существующему в холодных районах земного шара.

Малые тела Солнечной системы Помимо больших планет вокруг Солнца обращаются также малые тела Солнечной системы: множество малых планет и комет.

Всего к настоящему времени обнаружено более 100 тысяч малых планет, которые называют еще **астероидами** (звездоподобными), поскольку из-за своих малых размеров они даже в телескоп видны как светящиеся точки, похожие на звезды. До недавнего времени считалось, что все они движутся в основном между орбитами Марса и Юпитера, составляя так называемый **пояс астероидов**. Самым крупным объектом среди них является Церера, которая имеет диаметр около 1000 км. Считается, что общее число малых планет, размеры которых превышают 1 км, в этом поясе может достигать 1 млн. Но даже они в этом случае их общая масса в 1000 раз меньше массы Земли. Не существует принципиальных различий между астероидами, которые мы наблюдаем в космическом пространстве с помощью телескопа, и метеоритами, которые попадают в руки человека после того, как они упали из космического пространства на Землю. Метеориты не представляют собой какого-то особого класса космических тел – это обломки астероидов. Они могут сотни миллионов лет двигаться по своим орбитам вокруг Солнца, как и остальные, более крупные тела Солнечной системы. Но если их орбиты пересекаются с орбитой Земли, они попадают на нашу планету как метеориты. Развитие наблюдательных средств, в частности установка приборов на космических аппаратах, позволило установить, что в окрестностях Земли пролетает немало тел размером от 5 до 50 м (до 4 в месяц). К настоящему времени известно около 20 тел астероидного размера (от 50 м до 5 км), орбиты которых проходят недалеко от нашей планеты. Опасения по поводу возможного столкновения таких тел с Землей значительно усилились после падения на Юпитер кометы Шумейкеров – Леви 9 в июле 1995 г. Вероятно, все же нет особых оснований считать, что количество столкновений с Землей может сколько-нибудь заметно увеличиться (ведь «запасы» метеоритного вещества в межпланетном пространстве постепенно истощаются). Из числа столкновений, имевших

катастрофические последствия, можно назвать лишь падение в 1908 г. Тунгусского метеорита – объекта, который по современным представлениям был ядром небольшой кометы. С помощью космических аппаратов удалось получить изображения некоторых малых планет с расстояния в несколько десятков тысяч километров. Как и предполагалось, породы, составляющие их поверхность, оказались аналогичны тем, которые распространены на Земле и Луне, в частности, обнаружены оливин и пироксен. Подтвердились представления о том, что небольшие астероиды имеют неправильную форму, а их поверхность испещрена кратерами. Так, размеры Гаспры 19x12x11 км. У астероида Ида (размеры 56x28x28 км) обнаружен на расстоянии около 100 км от его центра спутник размером около 1,5 км. В подобной «двойственности» заподозрено около 50 астероидов. Исследования, проведенные за последние 10–15 лет, подтвердили высказанные ранее предположения о существовании в Солнечной системе еще одного пояса малых тел. Здесь за орбитой Нептуна открыто уже свыше 800 объектов диаметром от 100 до 800 км, размеры некоторых превышают 2000 км. После всех этих открытий Плутон, диаметр которого составляет 2400 км, был лишен статуса большой планеты Солнечной системы. Предполагается, что общая масса «занептунных» объектов может быть равна массе Земли. Вероятно, эти тела содержат в своем составе значительное количество льда и больше похожи на ядра комет, чем на астероиды, находящиеся между Марсом и Юпитером. Кометы, которые из-за своего необычного вида (наличие хвоста) с древнейших времен обращали на себя внимание всех людей, не случайно относятся к малым телам Солнечной системы. Несмотря на внушительные размеры хвоста, который может превышать в длину 100 млн км, и головы, которая по диаметру может превосходить Солнце, кометы справедливо называют «видимое ничто». Вещества в комете очень немного, практически все оно сосредоточено в ядре, которое представляет собой небольшую (по космическим меркам) снежно-ледяную глыбу с вкраплением мелких твердых частиц различного химического состава. Так, ядро одной из самых знаменитых комет – кометы Галлея, изображение которой было в 1986 г. получено КА «Вега», имеет длину всего 14 км, а ширину и толщину – вдвое меньше. В этом «грязном мартовском сугробе», как часто называют кометные ядра, содержится примерно столько замерзшей воды, сколько в снежном покрове, выпавшем за одну зиму на территории Московской области. Кометы отличает от других тел Солнечной системы прежде всего неожиданность их появления, о чем в свое время писал А. С. Пушкин: «Как незаконная комета в кругу расчисленных светил...»

В этом лишний раз убедили нас события последних лет, когда в 1996 и 1997 гг. появились две очень яркие, видимые даже невооруженным глазом кометы. По традиции они названы по фамилиям тех, кто их открыл, – японского любителя астрономии Хиякутаки и двух американцев – Хейла и Боппа. Столь яркие кометы обычно появляются раз в 10–15 лет (таких, которые видны только в телескоп, ежегодно наблюдают 15–20). Предполагается, что в Солнечной системе существует несколько десятков миллиардов комет и что Солнечная система окружена одним или даже несколькими облаками комет, которые движутся вокруг Солнца на расстояниях в тысячи и десятки тысяч раз больших, чем расстояние до самой дальней планеты Нептун. Там, в этом космическом сейфе-холодильнике, миллиарды лет с момента образования Солнечной системы «хранятся» кометные ядра.

Когда ядро кометы приближается к Солнцу, оно разогревается, теряет газы и

твердые частицы. Постепенно ядро распадается на все более и более мелкие фрагменты. Частицы, входившие в его состав, начинают обращаться вокруг Солнца по своим орбитам, близким к той, по которой двигалась комета, породившая этот **метеорный поток**. Когда частицы этого потока встречаются на пути нашей планеты, то, попадая в ее атмосферу с космической скоростью, они вспыхивают в виде **метеоров**. Оставшаяся после разрушения такой частицы пыль постепенно оседает на поверхность Земли.

Столкнувшись с Солнцем или большими планетами, кометы «погибают». Неоднократно были отмечены случаи, когда при движении в межпланетном пространстве ядра комет раскалывались на несколько частей. Видимо, не избежала этой участи и комета Галлея.

Особенности физической природы планет, астероидов и комет находят достаточно хорошее объяснение на основе современных космогонических представлений, что позволяет считать Солнечную систему комплексом тел, имеющих общее происхождение.