

Раздел IV

Сравнительная планетология

§ 12. Общие характеристики планет. Происхождение Солнечной системы

1. Строение и состав Солнечной системы. Под Солнечной системой понимается все космическое пространство и вся материя, находящаяся в сфере притяжения Солнца. Солнечная система включает в себя: звезду Солнце, расположенную в центре системы; планеты со спутниками; карликовые планеты; малые тела (астероиды, кометы, метеоритные и метеорные тела), а также межпланетную пыль, плазму и физические поля в указанных границах.

В Солнечной системе находится 8 больших планет. По мере удаления от Солнца они расположены в следующем порядке: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.

Планетой называют небесное тело, движущееся вокруг звезды в ее гравитационном поле, имеющее форму, близкую к сферической, светящееся отраженным от звезды светом и расчистившее область своей орбиты от других мелких объектов. Выделяют планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс) и планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун). Массы планет слишком малы, чтобы внутри них могли протекать характерные для звезд ядерные реакции. Вокруг планет, кроме Меркурия и Венеры, обращаются спутники, которых известно уже более 200.

По гелиоцентрическим орбитам движутся карликовые планеты, астероиды и метеоритные тела. Кроме того, по сильно вытянутым орбитам движутся ледяные тела — кометы.

Планеты и другие тела Солнечной системы при движении по орбитам сталкиваются с метеорными телами, межпланетной пылью; взаимодействуют с электромагнитным излучением Солнца и плазмой, исходящей от Солнца.

2. Особенности строения Солнечной системы. Характерные черты строения Солнечной системы, известные по астрономическим наблюдениям и космическим исследованиям, заключаются в следующем.

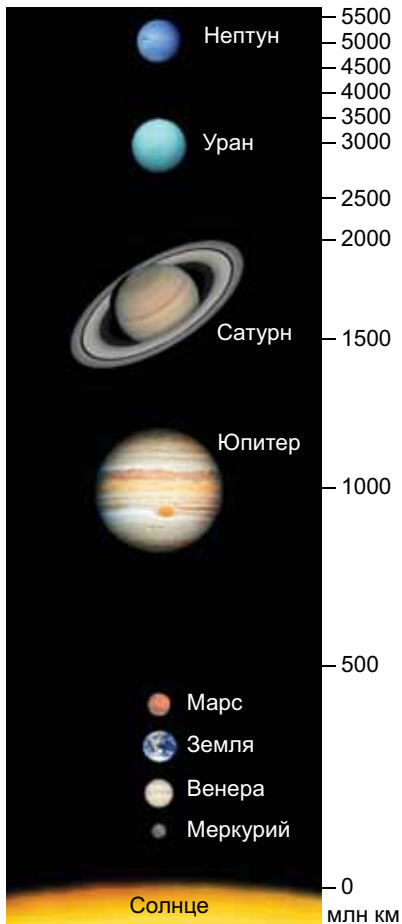


Рис. 49. Сравнительные размеры и расстояния планет от Солнца

1. Основная масса вещества Солнечной системы сосредоточена в Солнце, которое представляет собой рядовую звезду. На массу всех других составляющих системы приходится 1/750 часть массы Солнца (рис. 49). Таким образом, доминирующим в Солнечной системе является гравитационное поле Солнца.

2. Орбиты планет и большинства астероидов лежат почти в одной плоскости, незначительно наклоненной к плоскости солнечного экватора. Наклон эклиптики к плоскости солнечного экватора составляет $7^{\circ}15'$. Орбиты планет почти круговые, т. е. их эксцентриситеты мало отличаются от нуля.

3. Все планеты и астероиды обращаются вокруг Солнца в одном и том же направлении. Вращение Солнца вокруг своей оси происходит в ту же сторону, что и движение планет вокруг Солнца. Планеты вращаются вокруг своих осей в направлении, совпадающем с направлением их обращения вокруг Солнца. Исключение составляют Венера и Уран, которые вращаются в противоположную сторону. Причем ось вращения Урана лежит почти в плоскости орбиты планеты. Наклон оси вращения других планет не превышает 60° к плоскостям их орбит.

4. Планеты разделяются на два типа: планеты земной группы и планеты-гиганты. **Планеты земной группы** — твердые тела, сравнительно небольшие, маломассивные, но с большой средней плотностью, с медленным вращением и с малым числом спутников (или без них). Они расположены вблизи Солнца. **Планеты-гиганты** массивнее планет земной группы, больше по размерам и с меньшей средней плотностью, с большой скоростью вращения и многочисленными спутниками. Планеты-гиганты обладают мощными атмосферами, состоящими в основном из водорода и гелия.

5. Момент количества движения ($m \cdot v \cdot r$) между Солнцем и планетами распределяется неравномерно. На долю Солнца, в котором сосредоточена почти вся масса Солнечной системы, приходится только 2 % ее полного количества движения.

6. Орбиты большинства спутников планет близки к круговым. Движение большинства спутников по орбитам происходит в том же направлении, в каком планеты движутся вокруг Солнца. Орбиты крупных спутников в основном имеют малый наклон к плоскостям экваторов своих планет.

Перечисленные особенности необходимо учитывать при построении модели (теории) формирования всего комплекса тел Солнечной системы.

3. Происхождение Солнечной системы. Для построения теории происхождения Солнечной системы необходимо знать возраст небесных тел. Согласно современным представлениям, возраст древнейших пород Земли достигает 4,64 млрд лет. Анализ пород, доставленных с Луны, показал, что их возраст от 2 до 4,5 млрд лет. Возраст железных и каменных метеоритов оценивается от 0,5 до 5 млрд лет. Возраст Солнца и других отдельных звезд определяется на основе теории строения и эволюции звезд. Для Солнца это приблизительно 5 млрд лет, что совпадает с возрастом других тел системы. Последнее позволяет заключить, что Солнце и планеты сформировались из единого облака газа и пыли.

Впервые идея об образовании Солнца и планет из вещества единой газовой туманности была сформулирована Иммануилом Кантом в 1755 г. и доработана Пьером Симоном Лапласом в 1796 г. Согласно этой гипотезе, Солнечная система образовалась из вращающегося горячего газового облака, которое сжималось под воздействием гравитации и распадалось на фрагменты (рис. 50). Однако эта гипотеза оказалась несостоятельной из-за множества противоречий. Джеймс Джинс в 1919 г. выдвинул гипотезу, согласно которой планетное вещество было «вырвано» из Солнца под воздействием близко проходящей звезды. Вырванное солнечное вещество распалось на отдельные части, образуя планеты.

Данные физико-химических исследований метеоритов и земных пород подсказывали, что эти тела образовались не из газовых сгустков, а из твердого вещества. В 1944 г. систематической разработкой теории образования планет из твердых частиц околосолнечного допланетного облака занялся О. Ю. Шмидт. Эта теория развивается и в настоящее время.

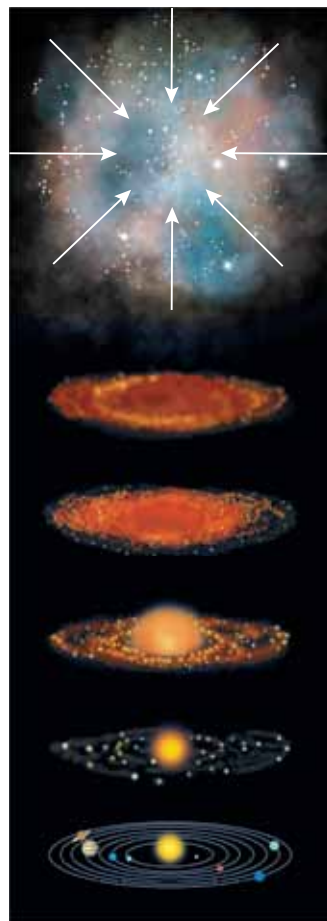


Рис. 50. Образование Солнечной системы по гипотезе О. Ю. Шмидта

Можно выделить следующие основные этапы происхождения и ранней эволюции Солнечной системы.

1. Около 4,6 млрд лет назад произошел взрыв сверхновой звезды вблизи места рождения Солнечной системы. Ударная волна от взрыва распространилась в космическом пространстве. Под ее действием газопылевое облако, состоящее из водорода, гелия и других разных по составу частичек, содержащих как металлы, так и редкие изотопы тяжелых химических элементов, начало сгущаться. В нем образовались уплотнения, обогащенные веществом сверхновой звезды. Изначально медленно вращающееся уплотнение под действием сил гравитации начало сжиматься и превращаться в дискообразное газопылевое облако. В дальнейшем в центре этого облака образуется молодое Солнце. Образовавшийся вокруг него протопланетный диск поглотит большую часть момента количества движения.

2. Постепенно в диске газопылевого облака мельчайшие пылинки стали объединяться, захватывая газы из окружающего пространства. Из мелких частичек образовывались более крупные комки, а из них формировались зародыши будущих планет (размерами в несколько километров) — **планетезимали**, а позднее и сами планеты. Во внутренней зоне легкие элементы (водород, гелий) под действием светового давления покидали центральные области диска, уходя на периферию. Поэтому вблизи Солнца планетезимали формировались полностью из каменных минералов и соединений металлов и в конце концов превратились в планеты земной группы. Частички в средней холодной зоне покрывались льдом, ядра будущих планет-гигантов быстро росли, захватывая окружающий газ. В самой холодной внешней части диска конденсирующее вещество почти все было ледяным. Множество отдельных ледяных планетезималий и глыб породили ядра комет и ледяные астероиды.

Планеты земной группы почти достигли своих размеров примерно через 100 млн лет.

3. Последующее гравитационное сжатие поднимало температуру в недрах протопланет до температуры плавления железа. С этого времени тяжелые компоненты стали отделяться и стремиться к центру планет, а наиболее легкие вещества — подниматься к поверхности. В течение миллиардов лет шло образование коры — наружного слоя планет земной группы. Разогревание Земли, например, сопровождалось выделением газов и водяных паров. Постепенно водяные пары конденсировались и образовывали моря и океаны, а газы — атмосферу. По составу первичная атмосфера существенно отличалась от современной.

Спутники планет, движущиеся в направлении вращения планет, образовались в результате тех же процессов, что и сами планеты. Спутники, обладающие обратным движением, были захвачены планетой.



Главные выводы

1. Солнечная система — это материя и все космическое пространство, находящееся в сфере притяжения Солнца.
2. Солнечная система состоит из Солнца, больших и карликовых планет и их спутников, малых тел, межпланетной пыли, плазмы, физических полей.
3. Главные особенности Солнечной системы состоят в том, что ее основная масса сосредоточена в Солнце, орбиты планет и большинства астероидов лежат почти в одной плоскости, обращаются в том же направлении, что и Солнце.
4. Среди планет Солнечной системы различают планеты земной группы и планеты-гиганты.
5. Солнечная система образовалась в процессе эволюции вращающегося газопылевого облака.



Контрольные вопросы и задания

1. Что понимают под Солнечной системой?
2. Что называют планетой? Какие планеты входят в состав Солнечной системы?
3. Укажите основные особенности строения Солнечной системы.
4. Каков возраст древнейших пород Земли; минералов, доставленных с Луны; метеоритов, упавших на Землю?
5. В чем состоит суть гипотез И. Канта, П. Лапласа, Дж. Джинса, О. Ю. Шмидта о происхождении Солнца и планет?
6. Укажите основные этапы происхождения и ранней эволюции Солнечной системы.

§ 13. Планеты земной группы

1. Меркурий. Меркурий — самая близкая к Солнцу планета. Она постоянно «прячется» в солнечных лучах, и поэтому ее очень трудно увидеть земному наблюдателю.

У Меркурия нет атмосферы, и его поверхность не защищена от палящих солнечных лучей днем и космического холода ночью. Днем на поверхности планеты в экваториальных районах температура поднимается до $+430\text{ }^{\circ}\text{C}$, а ночью опускается до $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перепад температур происходит медленно, потому что солнечные сутки на Меркурии равны 176 земным.