

6. Солнечная система и ее происхождение

6.1. Общая характеристика Солнечной системы

Солнечная планетная система, в которой мы живем, – это изолированный островок в безбрежном пространстве Галактики. Расстояние от Солнца до самых далеких планет во много тысяч раз меньше, чем до самых близких звезд. И хотя некоторые объекты Солнечной системы (например, отдельные кометы) удаляются от Солнца на значительные расстояния, основная доля вещества этой системы сосредоточена в нескольких крупных планетах, обращающихся вокруг Солнца.

С древности в Солнечной системе было известно пять планет: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн, видимые невооруженным глазом. В начале XVII в. астрономы окончательно доказали, что Земля – равноправный представитель планет, и их «стало» шесть. В 1781 г. случайно был открыт Уран, а в 1846 г. был теоретически предсказан и сразу же обнаружен на небе Нептун – восьмая и, по-видимому, последняя крупная планета Солнечной системы. Но в те же годы были открыты малые планеты – астероиды, в основном «обитающие» между орбитами Марса и Юпитера. Однако обнаружить что-либо за орбитой Нептуна долго не удавалось.

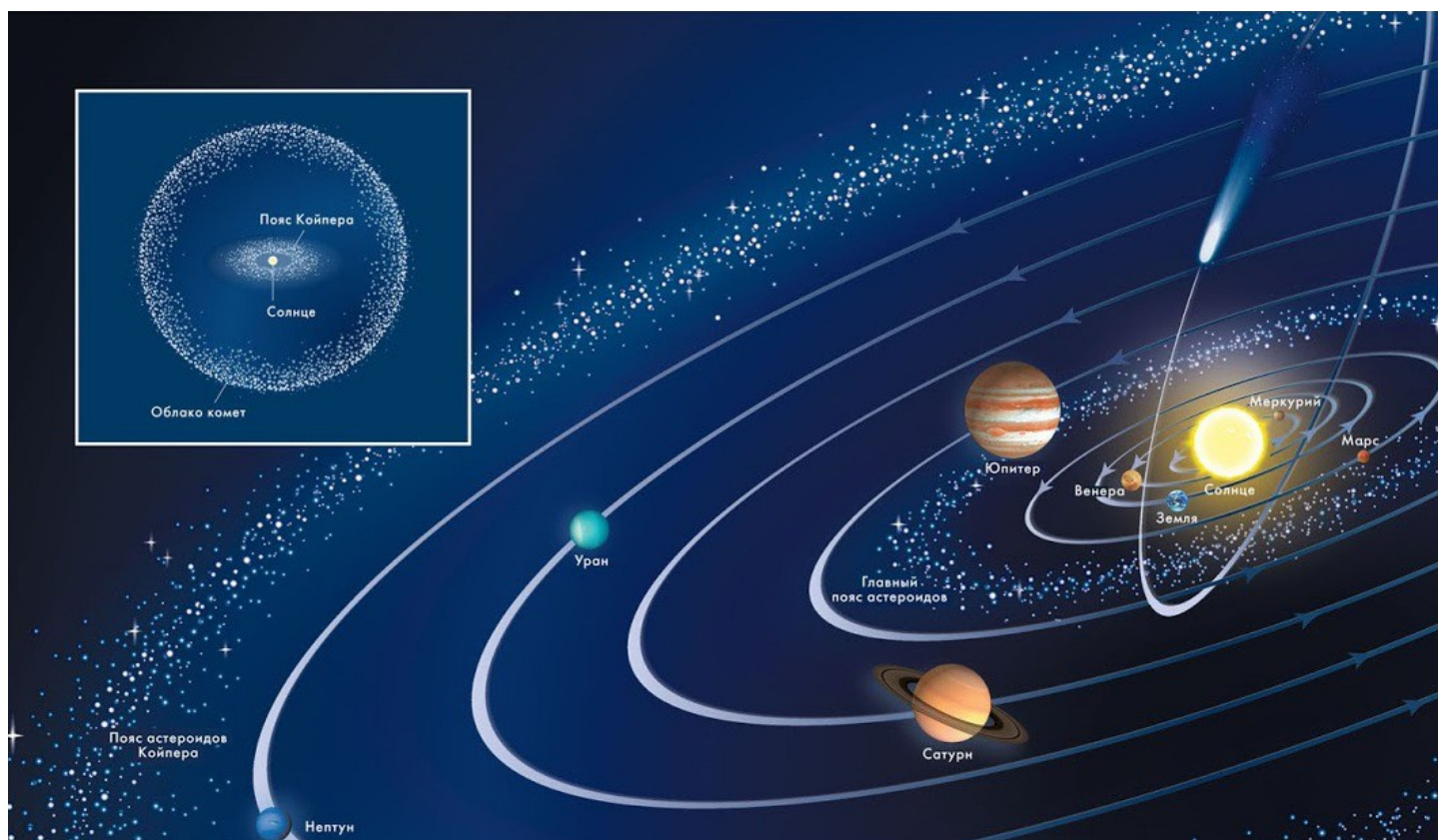
Однако настойчивые поиски новых планет принесли успех: в 1930 г. за орбитой Нептуна была открыта небольшая планета Плутон. И хотя своим малым размером и сильно вытянутой и наклоненной орбитой Плутон выделялся среди других планет, его все же «записали» в это семейство, поскольку он был заметно крупнее любого из астероидов. До конца XX в. принято было считать, что в Солнечной системе девять планет. Но последнее десятилетие принесло нам открытие множества объектов за орбитой Нептуна, причем некоторые из них похожи на Плутон, а иные даже превосходят его размерами. Поэтому в 2006 г. астрономы уточнили классификацию: 8 крупнейших тел – от Меркурия до Нептуна – считаются классическими планетами, а Плутон стал прототипом нового класса объектов – карликовых планет.

Солнце и находящиеся в поле его притяжения небесные тела образуют только одну из бесчисленных вращающихся систем Вселенной. Солнечная система состоит из центральной звезды – Солнца, восьми планет и их спутников, множества астероидов (более 100 000), огромного числа комет (по некоторым данным, их более 100 млрд.), бесчисленного количества мелких метеорных тел, межпланетной пыли и газа.

Пространство, занимаемое Солнечной системой, пронизано различного рода потоками энергии, исходящими из Вселенной, из межпланетной среды, но главным образом – от Солнца, а также различными физическими полями, свойственными космическим телам, – гравитационным, магнитным, тепловым, электрическим и другими. Единство Солнечной системы основано на взаимодействии этих потоков и взаимосвязанных движений космических тел.

Движение тел вокруг Солнца обеспечивается двумя силами: центробежной, возникающей при вращении тела, и центростремительной силой – тяготением. Солнце своим притяжением и центробежная сила удерживают планеты и другие космические объекты на их приблизительно круговых орбитах. В свою очередь, каждая планета и всякое другое космическое тело притягивают Солнце и все другие тела с силой, зависящей от их массы и удаленности от светила. Сила притяжения прямо пропорциональна массам тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между взаимодействующими телами.

На рисунке изображены планеты Солнечной системы в их последовательном удалении от светила. Ближайшие к Солнцу 4 планеты принято называть планетами земной группы, а следующие 4 массивных газовых тела называют планетами-гигантами. Карликовые планеты в основном населяют область за орбитой Нептуна – пояс Койпера. Точно определить границу Солнечной системы невозможно, но многие исследователи проводят ее на расстоянии 100 тыс. астрономических единиц (1 а. е. – среднее расстояние от Земли до Солнца) от Солнца.



Планеты – холодные шарообразные небесные тела, обращающиеся вокруг звезды и светящиеся отраженным от их поверхности светом этой звезды.

Спутники – планеты меньших размеров, обращающиеся вокруг крупных планет.

Орбита – замкнутая кривая, описываемая планетой или другим телом при движении вокруг Солнца, или спутником при его движении вокруг планеты.

Эксцентриситет орбиты – мера отклонения формы орбиты от окружности, выражающаяся отношением разности наибольшего и наименьшего расстояний планеты или другого тела от Солнца к сумме этих расстояний. Например, наибольшее расстояние Земли от Солнца равно 152 млн. км, наименьшее – 147 млн. км, при этом эксцентриситет орбиты Земли составляет:

$(152-147) : (152+147) = 0,017$ – это очень незначительное отклонение формы орбиты Земли от правильного круга.

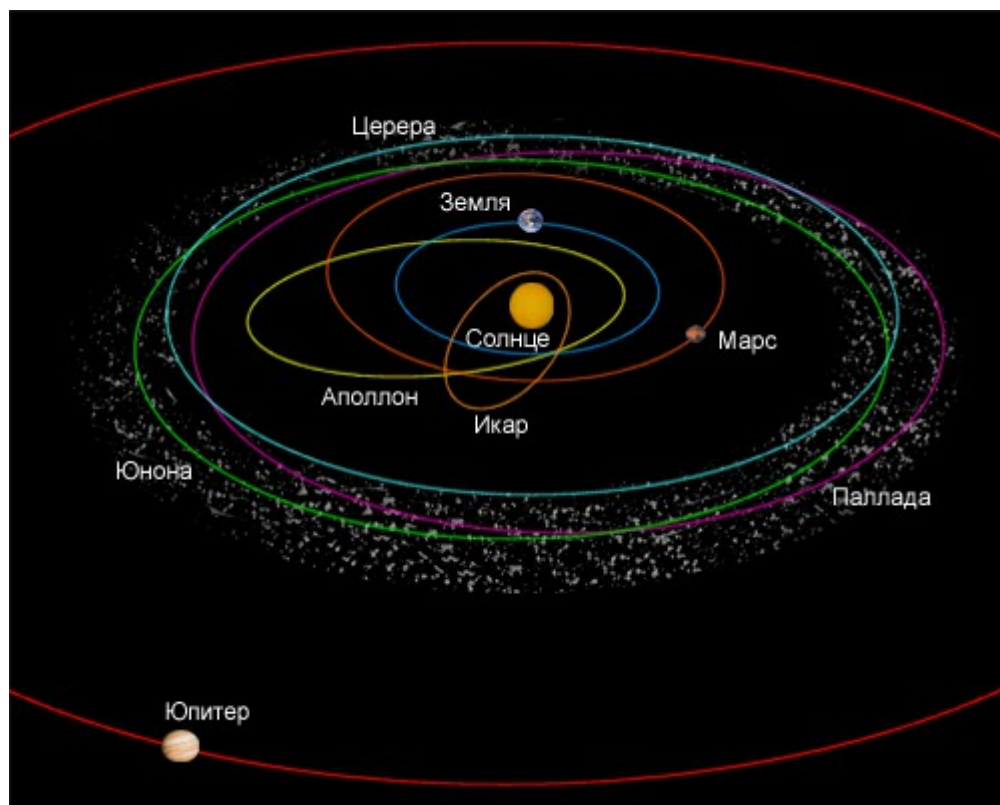
Эклиптика – это плоскость, совпадающая с плоскостью орбиты Земли, или видимый (кажущийся нам с Земли) путь Солнца по небосклону.

6.2. Наиболее характерными чертами Солнечной системы являются:

1. Почти все крупные тела Солнечной системы – планеты и астероиды, а также кометы – вращаются вокруг Солнца в одном направлении – против часовой стрелки, если смотреть со стороны Северного полюса мира, находящегося в бесконечности на северном продолжении оси вращения Земли.
2. Все планеты (кроме Венеры и Урана) и большинство спутников (кроме некоторых спутников Юпитера и Сатурна) вращаются вокруг своих осей в том же направлении.
3. Плоскости орбит планет близки к плоскости видимого с Земли годового движения Солнца – эклиптике, отклоняясь от нее всего на несколько градусов. Орбитальная плоскость Земли совпадает с эклиптикой. Только Меркурий имеет наклоненную орбиту 7° по отношению к орбите Земли. Но это объясняется тем, что Меркурий формировался как спутник Венеры и лишь потом стал самостоятельной планетой.

Планеты обладают различной скоростью движения по своим орбитам, в чем наблюдается определенная закономерность: чем ближе планета находится к Солнцу, тем орбитальная скорость у нее больше. Меркурий, ближайшая к Солнцу планета, движется по орбите со скоростью 47,9 км/с; Сатурн со скоростью – 9,6 км/с, а

бывшая планета Плутон, самое удаленное от Солнца тела, – со скоростью 4,7 км/с. Время облета планетой светила, т. е. продолжительность ее года, зависит от длины пути (орбиты) и скорости движения. Меркурий совершает свой полный облет вокруг Солнца за 88 земных суток, а Плутон – за 247 земных лет.



Малые планеты, или астероиды, имеют диаметр от 1 до 1000 км. Их общая масса, несмотря на огромное их число, не превышает 1/100 массы Земли. Орбиты большинства астероидов расположены между орбитами Марса и Юпитера, образуя пояс астероидов (см. рис.).

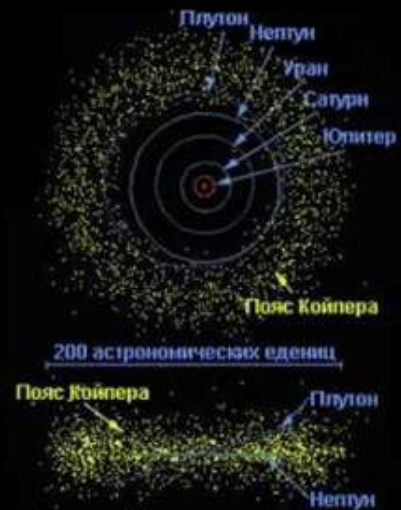
Орбиты некоторых из них сильно вытянуты. Так, астероид Гидальго удаляется от Солнца за пределы орбиты Сатурна, а Икар заходит внутрь орбиты Меркурия. Некоторые астероиды могут сближаться с Землей. Например, в 1976 г. Икар приблизился к Земле на расстояние всего 7 млн. км. Хотя есть сообщения, что некоторые небольшие астероиды заходили внутрь орбиты Луны, столкновение Земли с астероидом настолько маловероятно, что происходит раз в несколько сотен миллионов лет. В настоящее время неизвестно ни одного астероида, столкновение с которым может произойти в сколько-нибудь обозримое время.

6.3. За орбитой Нептуна

Кроме известного с начала XIX в. пояса астероидов между Марсом и Юпитером, на краю Солнечной системы за орбитой Нептуна находится еще один пояс астероидов – пояс Койпера. Обнаружение этих астероидов чрезвычайно сложная задача. Они очень далеки от Солнца и очень слабы. Тем не менее, уже открыто более 100 объектов пояса Койпера (см. рис.). По мнению многих исследователей, Плутон является одним из самым большим представителем этого семейства астероидов.

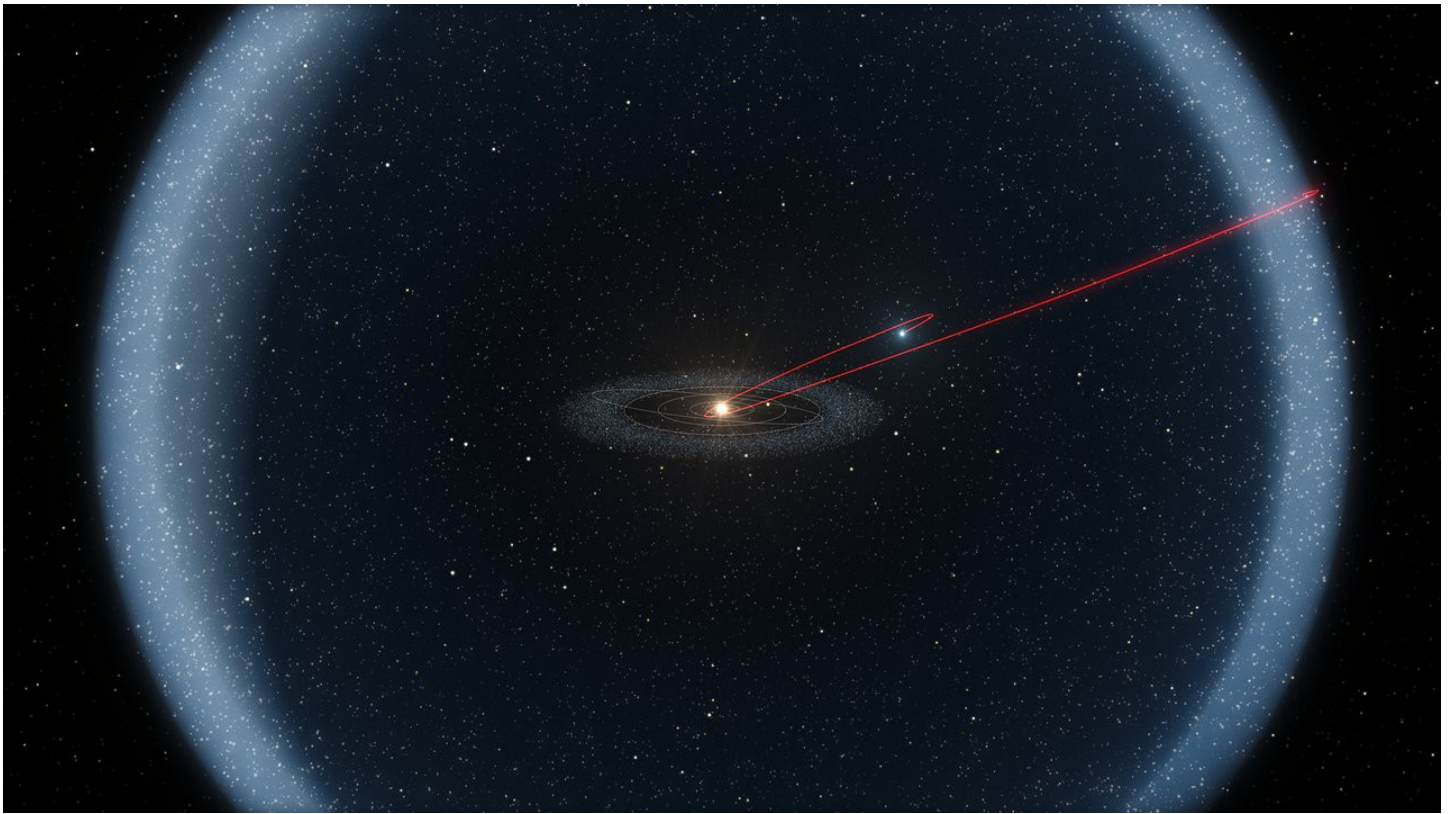
Пояс Койпера

Крупнейшие объекты пояса Койпера



Еще дальше, в пределах 100 000 а. е., расположено Облако Орта (см. рис.), которое иногда называют банком комет. Сами будущие кометы представляют собой глыбы «грязного», т. е. с включениями твердых частиц, водяного, водородного и углеводородного снега. Это остатки того материала, из которого образовались планеты. Время от времени в результате столкновений между собой или под действием возмущения со стороны ближайших звезд глыбы изменяют свое движение и попадают в центральные области Солнечной системы. Если этим телам придется «встретиться» с Нептуном, Ураном, Сатурном или Юпитером, они могут быть выброшены в область внутренних планет. Так возникают кометы.

Орбиты комет отличаются разнообразием. Как правило, они очень сильно вытянуты (иногда практически неотличимы от параболических). Не исключено, что эти кометы покидают Солнечную систему. В то же время не обнаружено ни одной кометы, орбита которой была бы гиперболической, т. е. такой, которая заведомо пришла бы к нам из другой планетной системы. Встречаются также кометы, орбиты которых близки к круговым (например, комета Швассмана – Вахмана движется между орбитами Марса и Юпитера). Среди комет встречаются объекты, движущиеся по орбите в направлении, обратном движению планет (в том числе известная комета Галлея).



Метеорные тела (размером от долей миллиметра до километра в диаметре) и межпланетная пыль (частички, размер которых не превышает сотни микрометров) заполняют практически все пространство Солнечной системы. Метеорные тела и пыль образуются при распаде комет, при столкновениях астероидов между собой, а также между кометами и мелкими телами. Мелкие метеорные тела и пылинки недолговечны. Световое давление и солнечный ветер оказывают на них тормозящее действие, и они медленно падают на Солнце. На расстоянии в несколько радиусов Солнца метеорные тела нагреваются до тысячи кельвин и испаряются. Для больших метеоритов этот процесс практически незаметен. Для пылинки размером в доли миллиметра он продолжается столетия, а частички размером в несколько микрометров просто «выметаются» давлением света из пределов Солнечной системы.

6.4. Происхождение Солнечной системы

Один из важных вопросов, связанных с изучением нашей планетной системы – проблема ее происхождения. Решение данной проблемы имеет естественнонаучное, мировоззренческое и философское значение. На протяжении веков и даже тысячелетий ученые пытались выяснить прошлое, настоящее и будущее Вселенной, в том числе и Солнечной системы. Однако возможности планетной космологии и по сей день остаются весьма ограниченными – для эксперимента в лабораторных условиях доступны пока лишь метеориты и образцы лунных пород. Ограничены и возможности сравнительного метода исследований: строение и закономерности других планетных систем пока еще недостаточно изучены.

- **Гипотезы о происхождении солнечной системы**

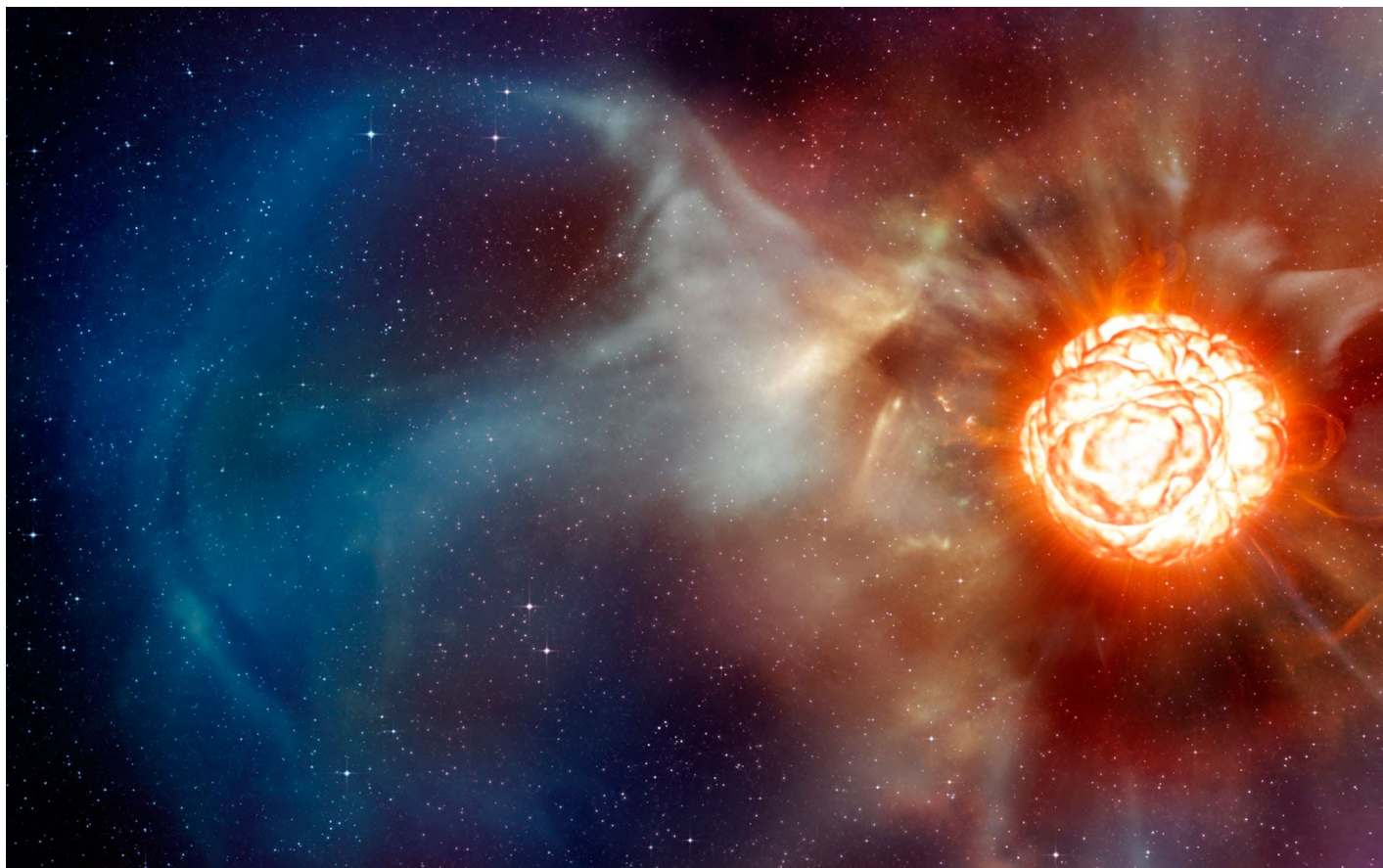
К настоящему времени известны многие гипотезы о происхождении Солнечной системы, в том числе предложенные независимо немецким философом И. Кантом и французским математиком и физиком П. Лапласом. Точка зрения И. Канта заключалась в эволюционном развитии холодной пылевой туманности, в ходе которого сначала возникло центральное массивное тело – Солнце, а потом родились и планеты. П. Лаплас считал первоначальную туманность газовой и очень горячей, находящейся в состоянии быстрого вращения. Сжимаясь под действием силы всемирного тяготения, туманность вследствие закона сохранения момента импульса вращалась все быстрее и быстрее. Под действием больших центробежных сил, возникающих при быстром вращении в экваториальном поясе, от него последовательно отделялись кольца, превращаясь в результате охлаждения и конденсации в планеты. Таким образом, согласно теории П. Лапласа, планеты образовались раньше Солнца. Несмотря на такое различие между двумя рассматриваемыми гипотезами, обе они исходят от одной идеи – Солнечная система возникла в результате закономерного развития туманности. И поэтому такую идею иногда называют гипотезой Канта–Лапласа. Однако от этой идеи пришлось отказаться из-за множества математических противоречий, и на смену ей пришло несколько «приливных теорий».

Наиболее знаменитая теория была выдвинута Д. Джинсом. Согласно Джинсу, планетное вещество было «вырвано» из Солнца под воздействием близко проходившей звезды, а затем распалось на отдельные части, образуя планеты. При этом наиболее крупные планеты (Сатурн и Юпитер) находятся в центре планетной системы, где некогда находилась утолщенная часть сигарообразной туманности.

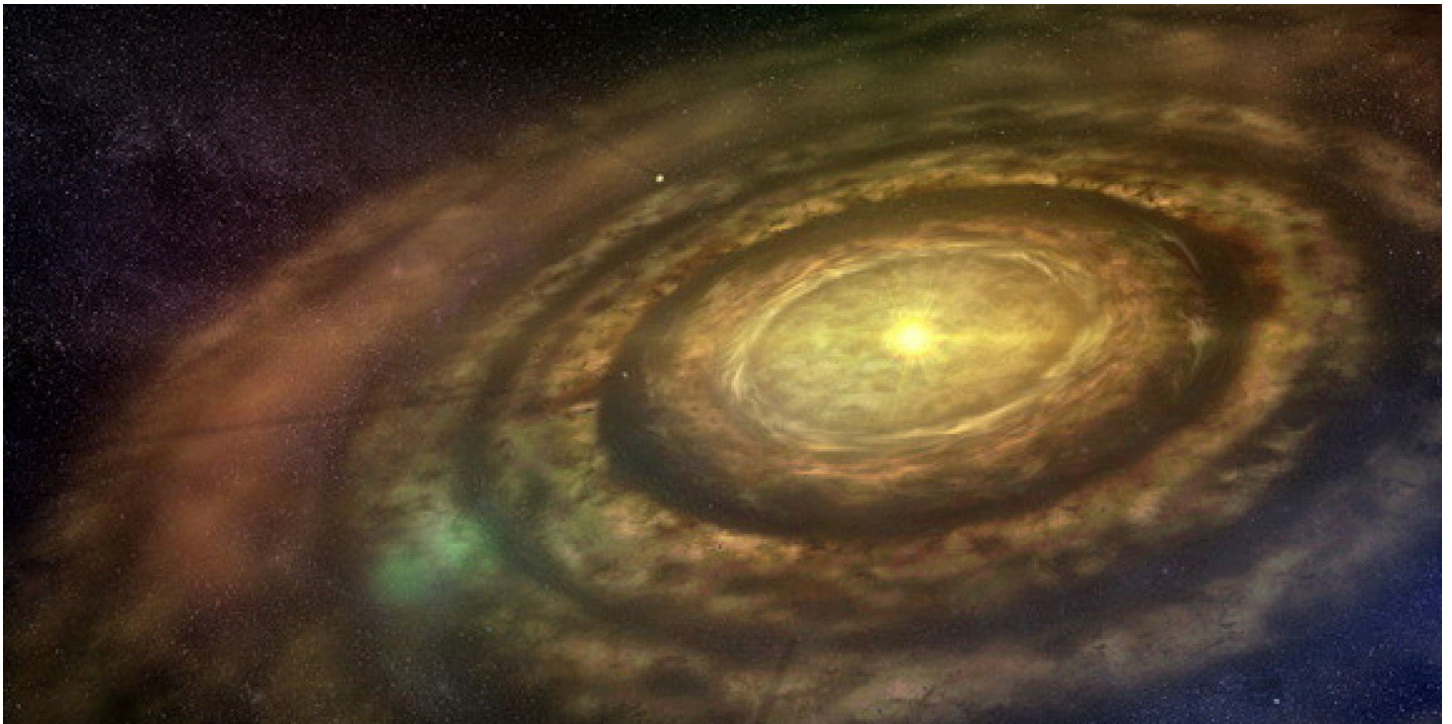
Если бы дела действительно обстояли таким образом, то планетные системы были бы чрезвычайно редким явлением, так как звезды отделены друг от друга колоссальными расстояниями, и вполне возможно, что наша планетная система могла бы претендовать на роль единственной в Галактике. Но математики снова бросились в атаку, и, в конце концов, приливная теория присоединилась к газообразным кольцам Лапласа в мусорной корзине науки.

- **Современная теория происхождения солнечной системы**

Наиболее проработанный в настоящее время сценарий рождения Солнечной системы следующий: существовало протопланетное облако межзвездного вещества массой 105 солнечных масс, плотность которого порядка 10^6 молекул в 1 см^3 , температура 20 – 100 К. Во время взрыва сверхновой звезды (см. рис.) под действием ударной волны межзвездное вещество начало сжиматься, температура стала увеличиваться и за несколько миллионов лет достигла $(1,0 - 1,5) \cdot 10^7 \text{ К}$. За счет сжатия протопланетное вещество превратилось в линзовидный диск с новой звездой (Солнце), в которой шли термоядерные реакции (примерно 4,7 млрд. лет назад).



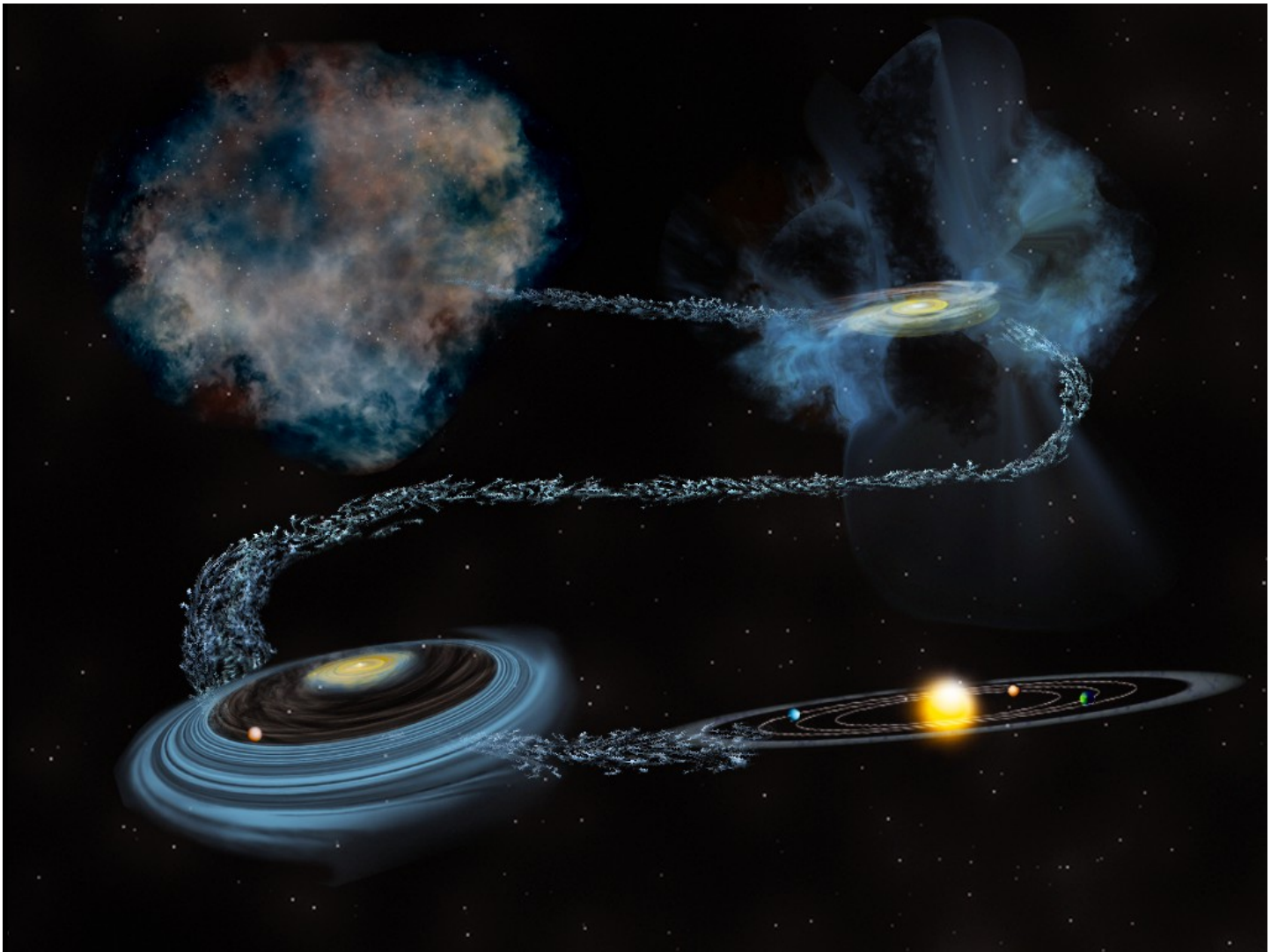
Возникший около Солнца диск сначала состоял на 98% из водорода и гелия. Остальные элементы конденсировались в пылевые частицы. Беспорядочное движение газа в диске быстро прекратилось: оно сменилось спокойным движением облака вокруг Солнца, в результате чего линза превратилась в тонкий диск, который распался на гигантские кольца, окружающие Солнце (см. рис. выше). Пылевые частицы сконцентрировались в центральной плоскости, образовав слой повышенной плотности. Когда плотность слоя достигла некоторого критического значения, его собственное тяготение стало «соперничать» с тяготением Солнца. Слой пыли оказался неустойчивым и распался на отдельные пылевые сгустки – планетезимали. Сталкиваясь друг с другом, некоторые сгустки росли, а другие – разрушались.



Наиболее крупные из них приобретали почти круговые орбиты и в своем росте начали обгонять другие тела, став зародышами будущих планет. Как более массивные тела, новообразования присоединяли к себе оставшееся вещество газопылевого облака. В итоге сформировалось восемь больших планет (см. рис.).



Весь процесс формирования Солнечной системы представлен на рисунке.



С учетом физических характеристик все планеты делятся на две группы. Одна из них состоит из сравнительно небольших планет земной группы – Меркурия, Венеры, Земли и Марса. Их вещество отличается относительно высокой плотностью: в среднем около $5,5 \text{ г/см}^3$, что в 5,5 раза превосходит плотность воды. Другую группу составляют планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Эти планеты обладают огромными массами. Так, масса Урана равна 15 земным массам, а Юпитера – 318. Состоят планеты-гиганты главным образом из водорода и гелия, а средняя плотность их вещества близка к плотности воды. Судя по всему, у этих планет нет твердой поверхности, подобной поверхности планет земной группы.

В процессе образования планет их деление на две группы обуславливается тем, что в далеких от Солнца частях облака температура была низкой и на пылинках намерзал лед, а также углекислый газ, метан, аммиак, определившие состав Урана и Нептуна. В составе самых массивных планет – Юпитера и Сатурна, кроме того, оказалось значительное количество газов. В области планет земной группы температура была значительно выше, и все летучие вещества (в том числе метан и аммиак) остались в газообразном состоянии, и, следовательно, в состав планет не вошли. Планеты этой группы сформировались в основном из силикатов и металлов.

Гипотеза образования планет путем объединения твердых тел и частиц выдвинута выдающимся советским ученым академиком О. Ю. Шмидтом. Она заменила представления о конденсации планет из газовых сгустков и объяснила разделение планет по физической природе на две группы. Впоследствии эта гипотеза была подтверждена физико-химическими исследованиями состава и структуры метеоритов.

Вопросы

1. Что представляет собой Солнечная система в пространстве Галактики?
2. Как были открыты 8 планет Солнечной системы?

3. Когда был открыт Плутон, и почему он был впоследствии исключён из списка «классических» планет?
4. Из чего состоит Солнечная система?
5. На чём основано единство Солнечной системы?
6. Какими силами обеспечивается движение тел вокруг Солнца?
7. На какие группы делятся объекты Солнечной системы?
8. Что такое «1 а.е.»?
9. Каковы примерные размеры Солнечной системы?
10. Что называют планетами?
11. Что называют спутниками?
12. Что называется орбитой?
13. Что такое «эксцентриситет орбиты»? Поясните на примере орбиты Земли.
14. Что такое «эклиптика»?
15. Перечислите наиболее характерные черты Солнечной системы:
 - 1)...
 - 2)...
 - 3)...
16. В чём наблюдается определенная закономерность при движении планет по своим орбитам с различной скоростью?
17. Охарактеризуйте малые планеты или астероиды.
18. Что такое «пояс Койпера», где он находится и чем характерен?
19. Что представляет собой «Облако Оорта»? Где оно находится?
20. Чем особенным выделяются кометы среди объектов Солнечной системы?
21. Что представляют собой метеорные тела?
22. В чём суть гипотезы о происхождении Солнечной системы немецкого философа Иммануила Канта?
23. В чём суть гипотезы о происхождении Солнечной системы французского математика и физика Пьера Лапласа?
24. В чём суть теории английского физика и астрофизика Джеймса Джинса о происхождении Солнечной системы?
25. Какова была основная проблема перечисленных теорий?
26. Каков современный сценарий рождения Солнечной системы?
27. Когда, примерно, образовалось Солнце?
28. Что происходило дальше с возникшим около Солнца диском?
29. Что такое «планетезимали», и что происходило с ними в процессе эволюции Солнечной системы?
30. Коротко охарактеризуйте планеты земной группы.
31. Коротко охарактеризуйте планеты-гиганты.

32. Чем обусловлено деление планет на две группы в процессе их образования?

33. Кто предложил гипотезу образования планет путем объединения твердых тел и частиц?