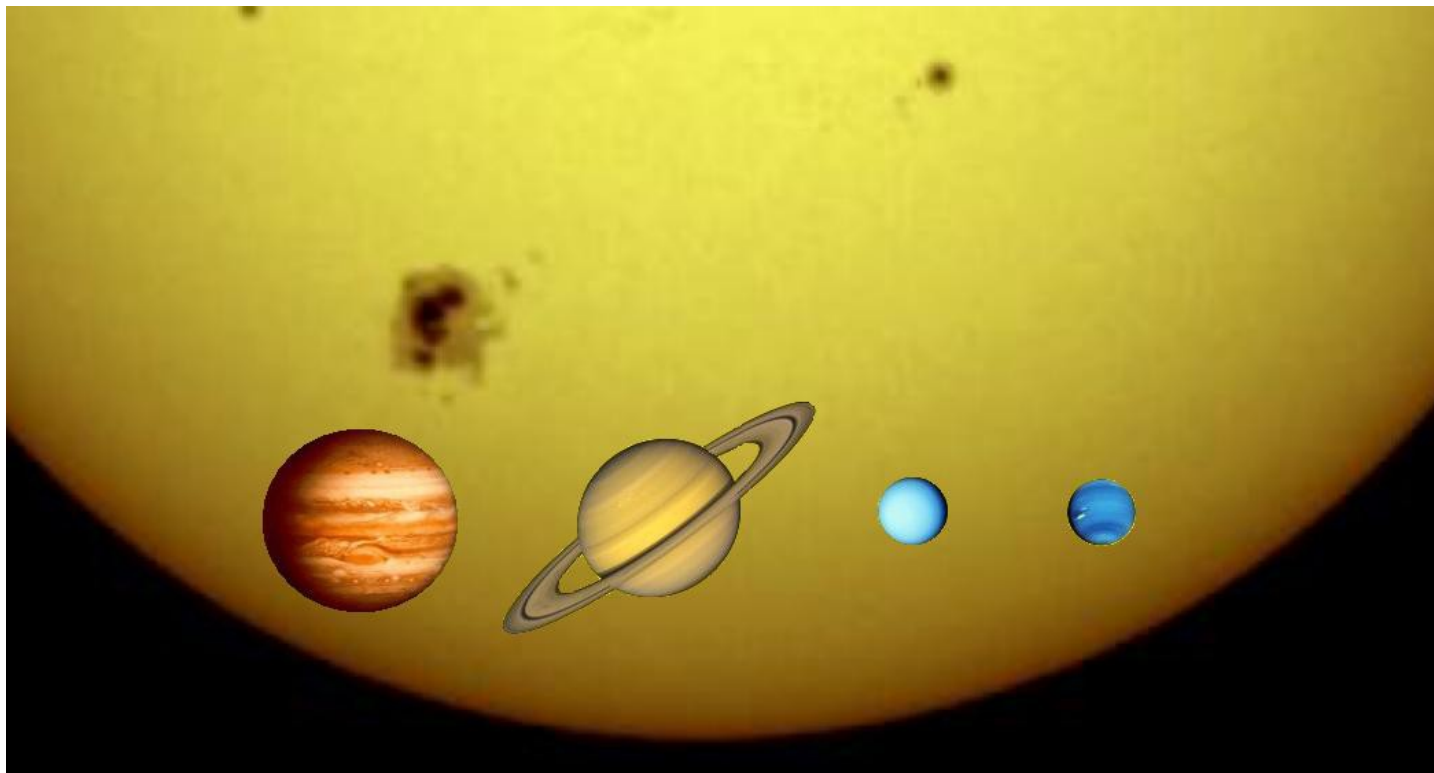


9. Планеты-гиганты

Общая характеристика планет-гигантов:

1. В отличие от планет земной группы планеты-гиганты представляют собой крупные массивные газообразные тела с малой плотностью, удалённые от Солнца на значительное расстояние (от 5 до 30 а. е.).
2. Планеты-гиганты очень быстро вращаются вокруг своих осей.
3. Все планеты-гиганты имеют кольца.
4. Основными компонентами атмосфер этих планет являются водород и гелий.



Сравнительные размеры планет-гигантов и Солнца.

9.1. Юпитер

Юпитер – самая большая из планет-гигантов (см. рис.). Его масса намного превышает массу всех других планет, вместе взятых. Юпитер представляет собой газообразное тело с чрезвычайно мощной атмосферой, состоящей главным образом из водорода и гелия, что характерно и для других планет этой группы. По средней плотности, преобладанию водорода и гелия Юпитер похож на звёзды. В отличие от планет земной группы у гигантов нет твёрдой поверхности. То, что мы наблюдаем, – это вершины облаков, плавающих в атмосфере. Из-за быстрого вращения планет-гигантов и сильных ветров облака вытягиваются в полосы, параллельные экватору. Окраску облакам придают примеси аммиачных образований, метан и другие сложные соединения.



Светлые и тёмные полосы атмосферы Юпитера объясняются различными зонами давления. Светлые зоны – это области высокого давления, а тёмные – низкого. Тёплые газы поднимаются вверх в области зон и остывают, достигнув верхней границы облаков. Охлаждаясь, они падают в соседние полосы, где давление низкое.

В экваториальной зоне (от +9 до -9°) газовые течения направлены строго с запада на восток. Скорость движения газовых масс достигает 180 м/с. Вблизи широт от +20 до -20° вещество движется в противоположную сторону, с востока на запад, со скоростью около 50 м/с. Между основными течениями существуют вихри и струи.

Для Юпитера, как и для всех планет-гигантов, характерны светлые и тёмные овальные пятна. Наиболее примечательное из них – большое красное пятно (см. рис.), наблюдающееся в течение трёх веков. Это огромный и очень устойчивый вихрь, похожий на земной ураган.

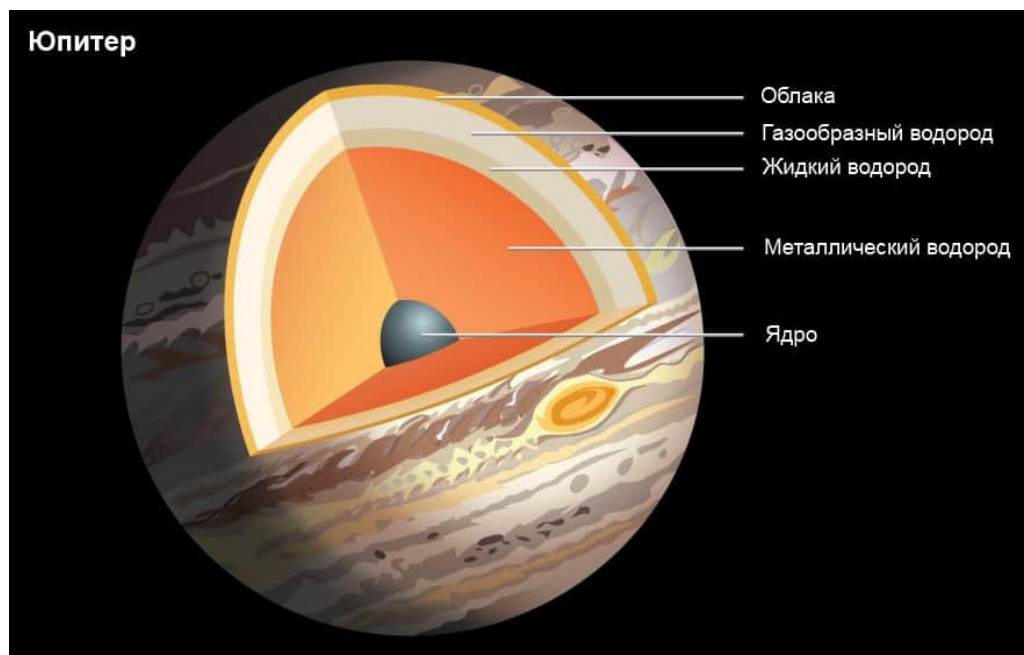
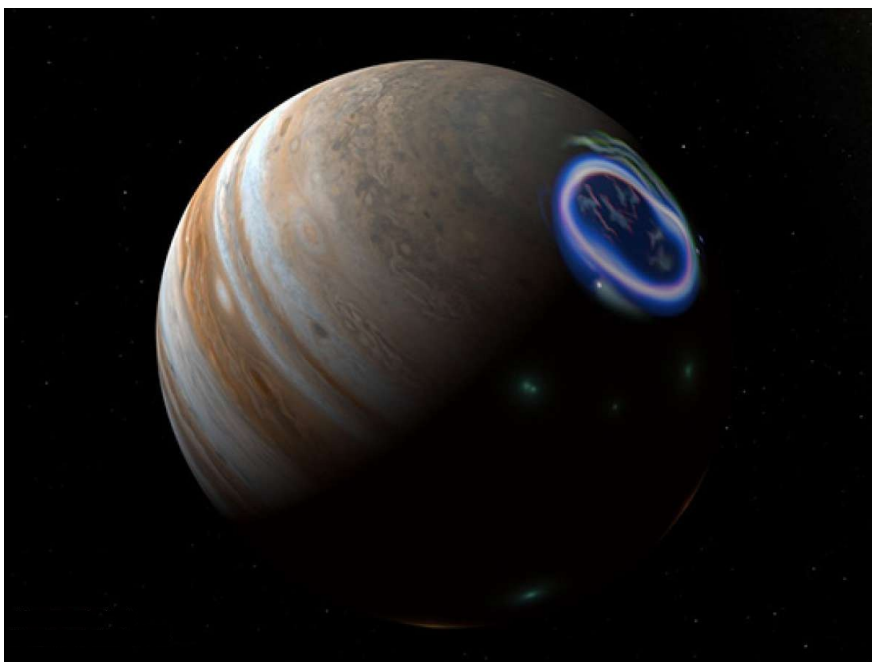
В полярных облаках Юпитера наблюдается явление, подобное земному северному сиянию (см. рис.).

Представления о внутреннем строении планет-гигантов получены на основе наблюдений и теоретических моделей, основанных на свойствах водорода.

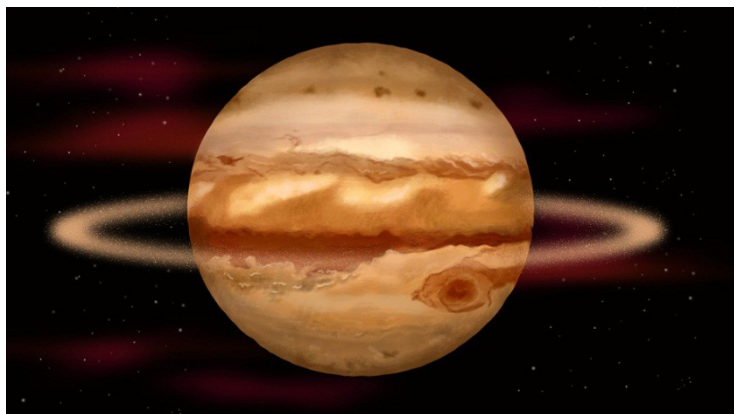
На дне уплотняющейся вглубь на 1500 км атмосферы Юпитера находится слой жидкого водорода. Затем атмосфера переходит в особое газо-жидкое состояние.

На уровне примерно 0,77 радиуса планеты начинается оболочка, где водород приобретает свойства металла. Здесь он сжимается так сильно ($4 \cdot 10^{12}$ Па), что электроны покидают свои атомы и свободно перемещаются. Это приводит к появлению магнитного поля Юпитера, напряжённость которого на границе облачного слоя в 12 раз выше, чем у земного магнитного поля.

В центре Юпитера находится твёрдое ядро, состоящее из оксидов кремния, магния и железа с примесями. Диаметр внутреннего ядра – около 25 тыс. км, температура в его центре составляет 23 000 К. Такая высокая температура объясняется медленным гравитационным сжатием планеты.

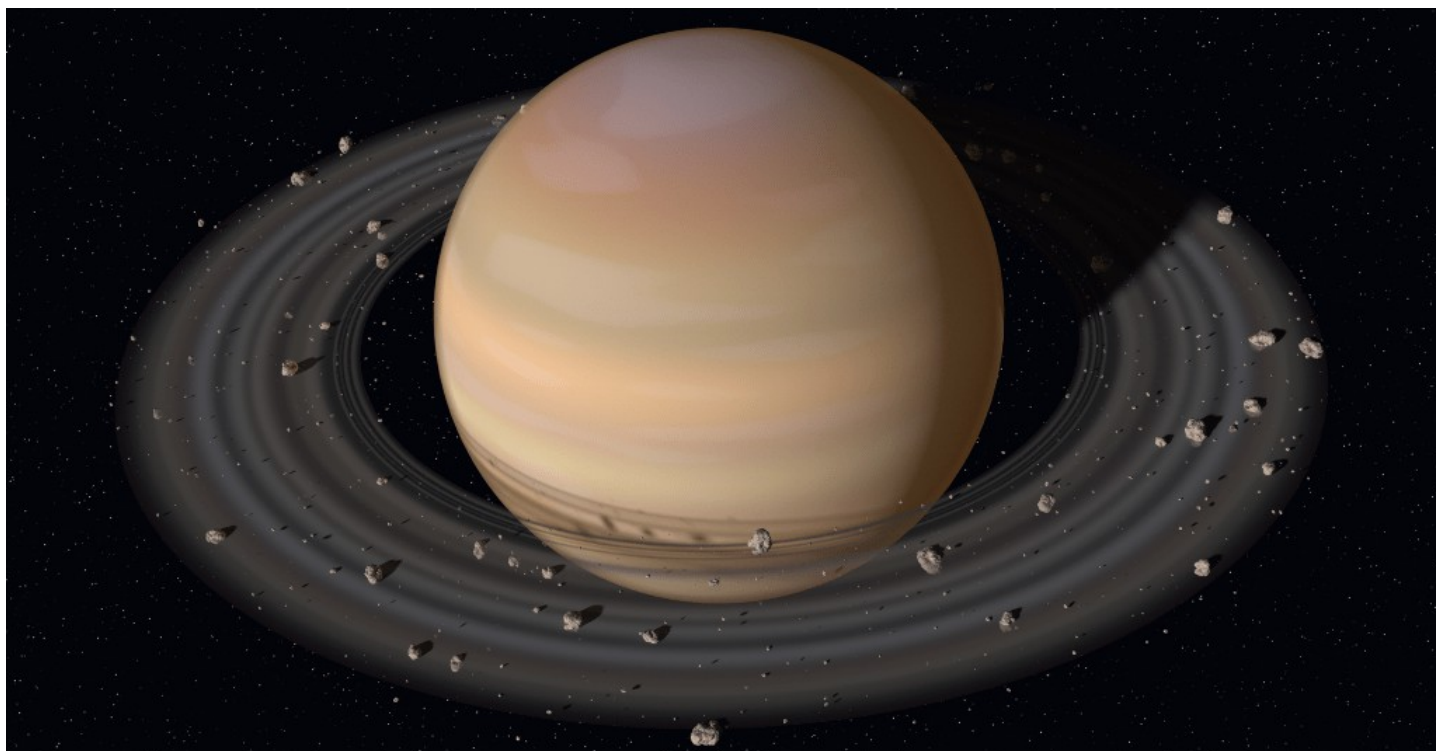


В 1979 г. космические аппараты «Вояджер-1» и «Вояджер-2» обнаружили у Юпитера кольца (см. рис.). Они состоят из очень мелких пылинок (0,2–200 мкм). Эти пылинки постепенно падают в атмосферу Юпитера, а их место занимают другие, которые образуются при столкновении малых спутников, особенно Амальтеи, с метеоритными телами.



9.2. Сатурн

Сатурн – это вторая по величине планета-гигант, окружённая красивыми кольцами (см. рис.). Диск планеты заметно сплюснут у полюсов. Это вызвано тем, что у Сатурна самая низкая плотность из всех планет Солнечной системы.



Кольца Сатурна (см. рис.) заметил ещё Галилео Галилей в 1610 г. Он обнаружил по обе стороны диска непонятные придатки. Но только Христиан Гюйгенс в 1656 г. различил тонкое плоское кольцо, не соприкасающееся с планетой. С Земли в телескоп можно увидеть несколько колец, отделённых друг от друга тёмными промежутками.

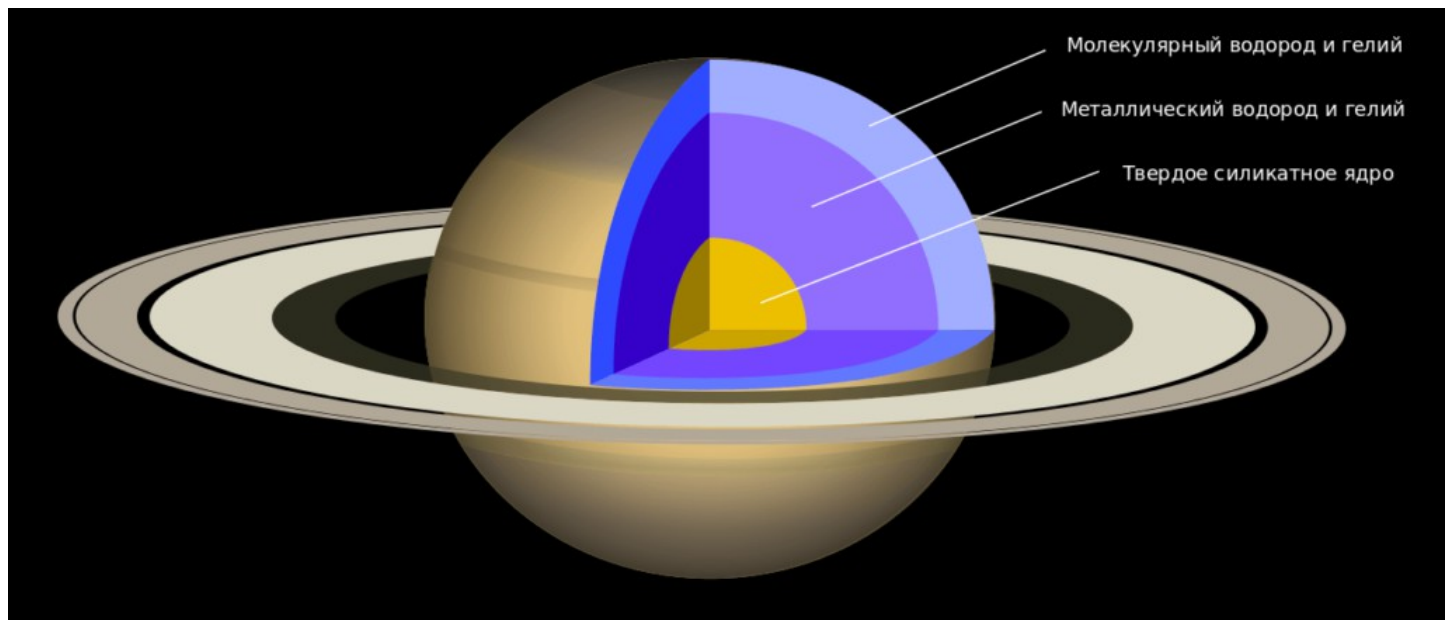
На основе спектральных исследований в 1895 г. русский учёный А. А. Белопольский установил, что кольца не монолитные, а состоят из отдельных мелких тел. Снимки, полученные космическим аппаратом «Вояджер-2», показали, что систему колец образуют тысячи тонких колец. Каждое из них состоит из бесчисленного множества обломков льда размером от мельчайших пылинок до нескольких метров. Толщина колец не превышает 2 км, а толщина отдельного кольца – не больше 30 м.



Плоскость колец расположена в плоскости экватора Сатурна, которая имеет наклон 27° к плоскости орбиты. При движении Сатурна по орбите кольца, сохраняя положение в пространстве, дважды за одно обращение планеты вокруг Солнца оказываются повернутыми к Земле своим ребром. А так как толщина их мала, то в небольшие телескопы они в это время не видны. Диаметр по наружному краю кольца составляет 272 тыс. км, а по внутреннему – 144 тыс. км. Суммарная масса колец составляет около 3×10^{-8} массы Сатурна.

Напряжённость магнитного поля Сатурна близка к земной.

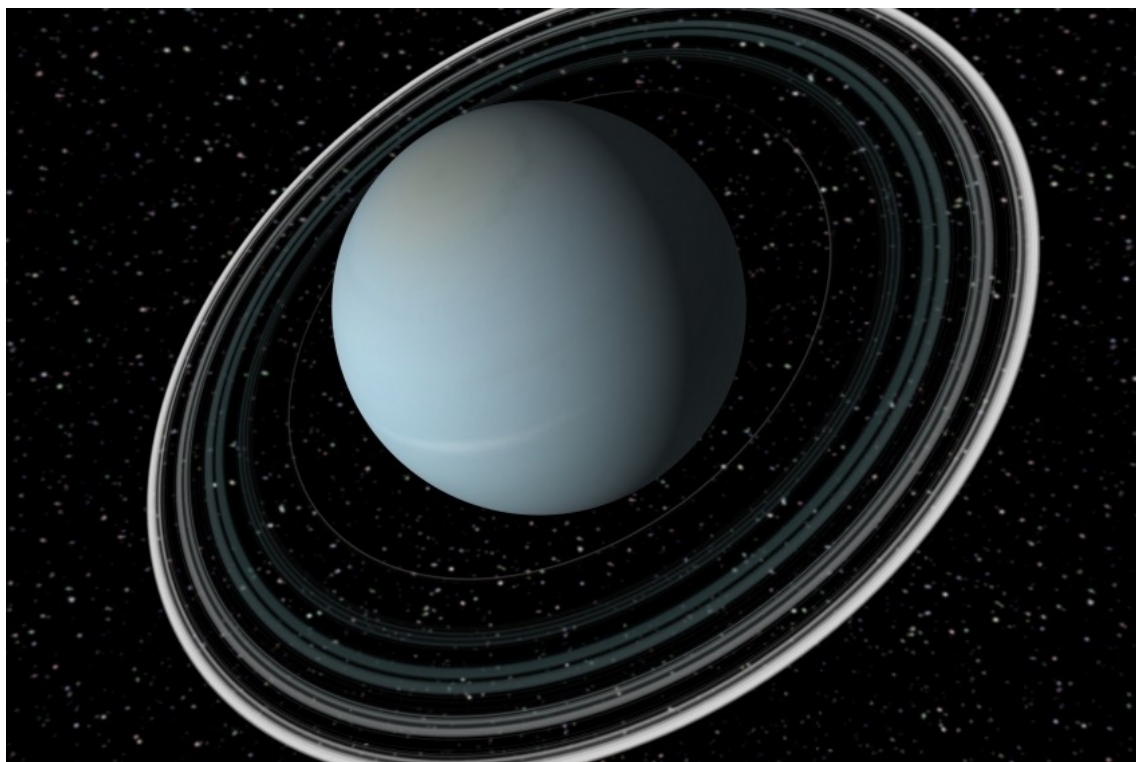
Внутренне строение Сатурна:



9.3. Уран

Уран – третья по величине планета-гигант. Планета очень красивого зеленовато-голубоватого цвета (см. рис.). Причина этого кроется в составе атмосферы планеты и её температуре. При температуре -217°C в верхних слоях водородно-гелиевой атмосферы Урана образовалась метановая дымка. Метан хорошо поглощает красные лучи и отражает голубые и зелёные. Поэтому планета и приобрела красивый бирюзовый цвет. В атмосфере Урана не наблюдается никаких заметных возмущений.

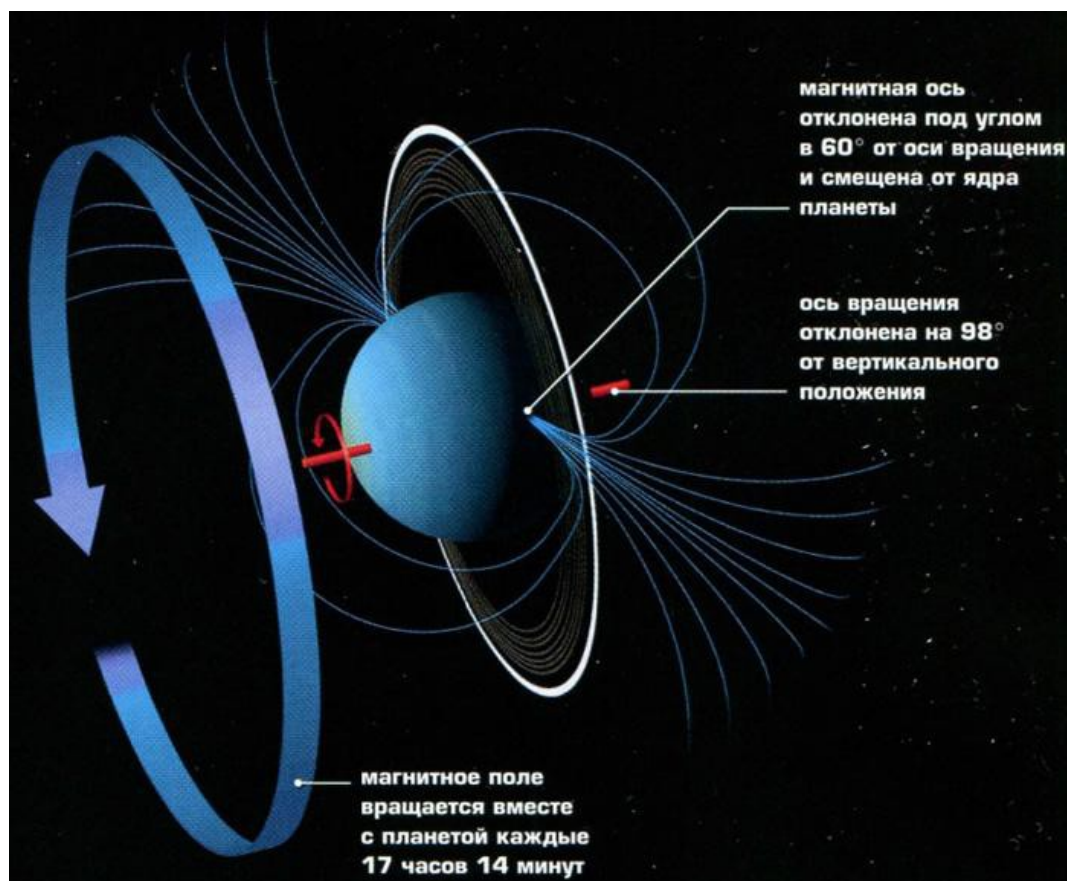
В 1977 г. были открыты кольца Урана (см. рис.). Снимки, сделанные «Вояджером-2» в 1986 г., подтвердили их существование.



Уран окружён одиннадцатью узкими кольцами, располагающимися в плоскости экватора на расстоянии от 42 до 51,4 тыс. км (или 1,65–2,02 радиуса) от центра планеты.

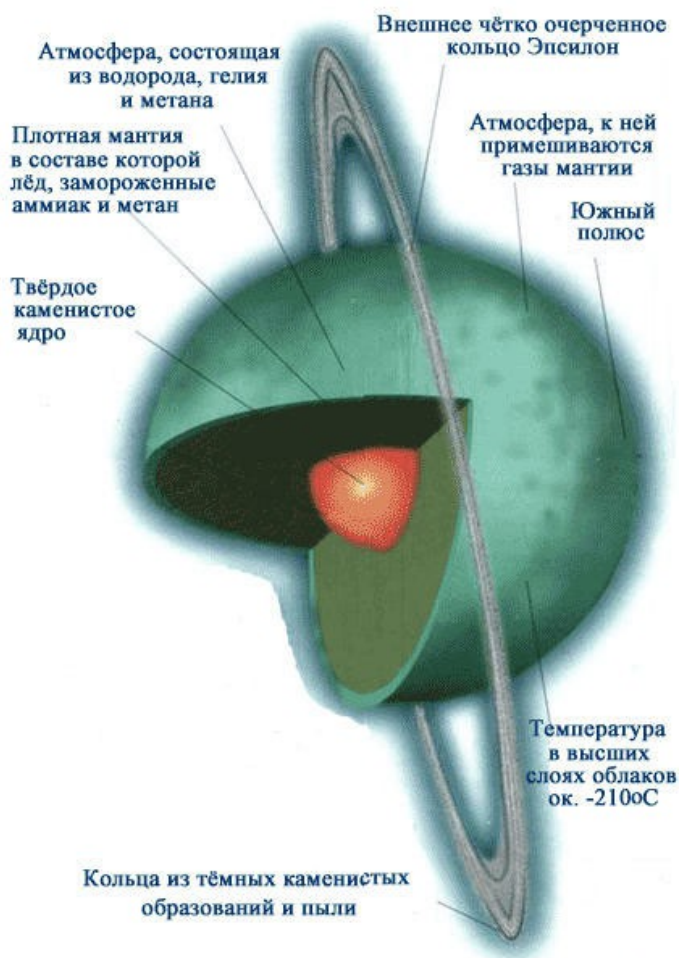
Типичная ширина колец от 1 до 8 км, только у самого большого она меняется от 22 до 93 км. Толщина колец не превышает 1 км. Кольца Урана состоят из мелкой пыли и небольших твёрдых тёмных частиц.

Магнитное поле Урана имеет одну интересную особенность. Ось вращения планеты почти лежит в плоскости орбиты, и линии магнитного поля скручены вращением Урана в длинный штопор позади планеты (см. рис.).



Напряжённость магнитного поля примерно равна земной.

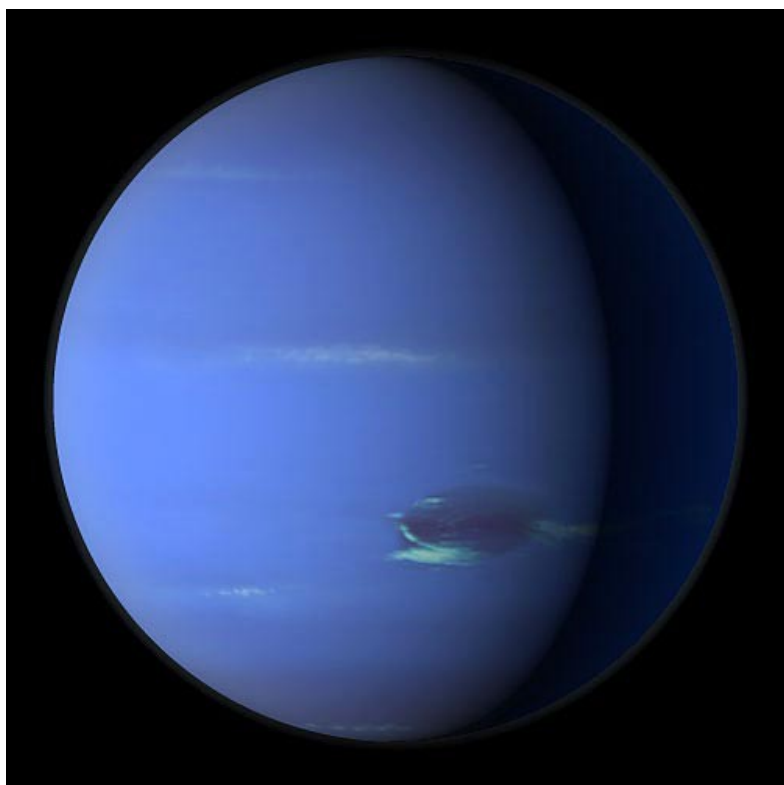
Внутреннее строение Урана:



9.4. Нептун

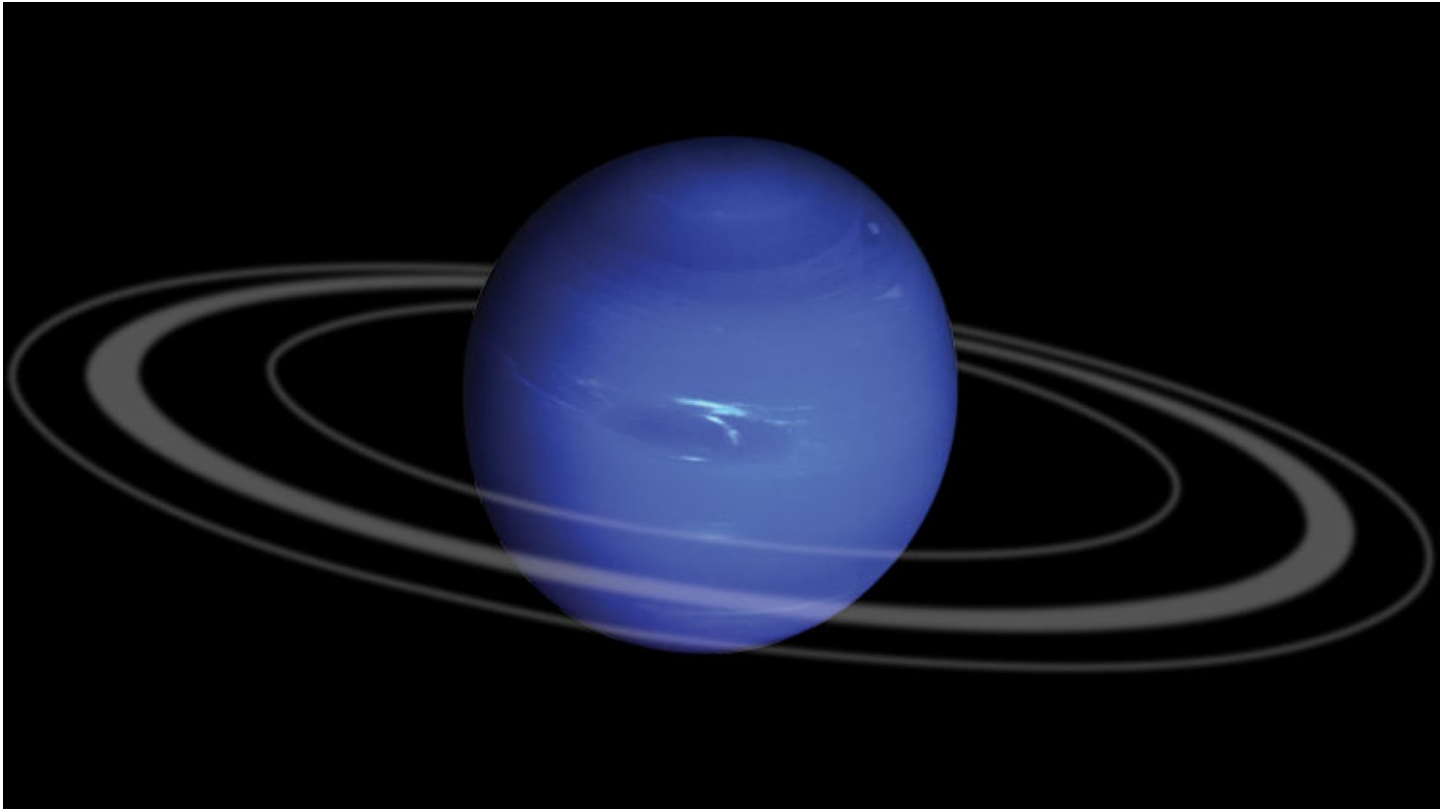
Нептун – самый маленький гигант (см. рис.). Находится почти на краю Солнечной системы и получает очень мало солнечной энергии. Но, несмотря на это, планета очень активна. На фотографиях Нептуна хорошо видны облака, появляющиеся и исчезающие в атмосфере планеты.

Примечательной деталью Нептуна является и Большое Тёмное Пятно (см. рис.), схожее по структуре с Большим Красным Пятном Юпитера.



Скорость ветра в атмосфере Нептуна достигает рекордного значения – 600 м/с.

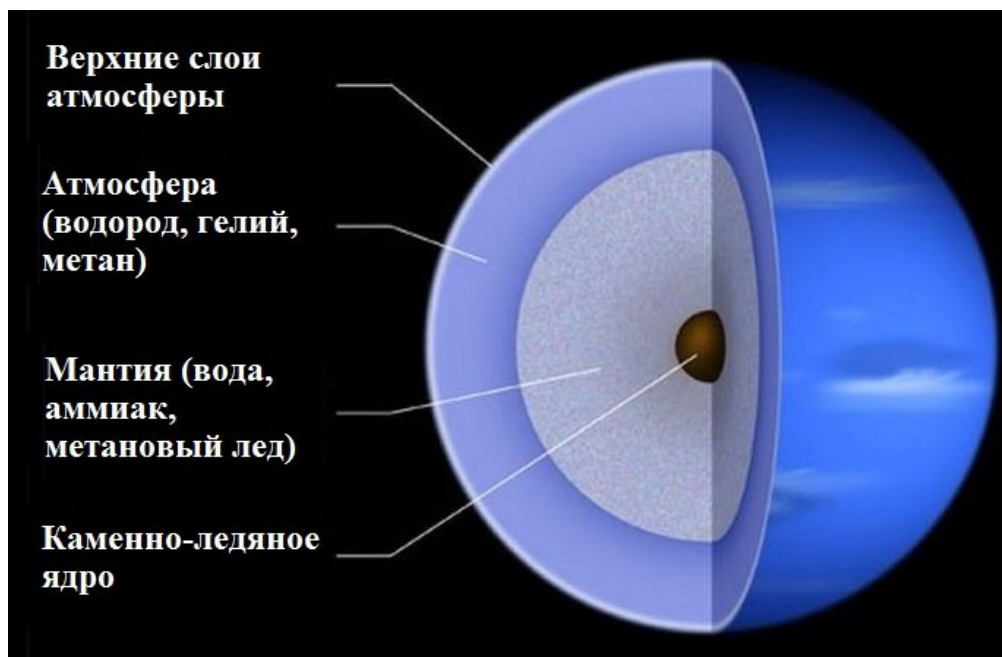
Предположение о существовании колец у Нептуна было выдвинуто в 1984 г. на основе наблюдений по покрытию звёзд планетой. Четыре кольца видны на снимках, полученных космическим кораблём «Вояджер-2» в 1989 г (одно из колец очень слабое) (см. рис.).



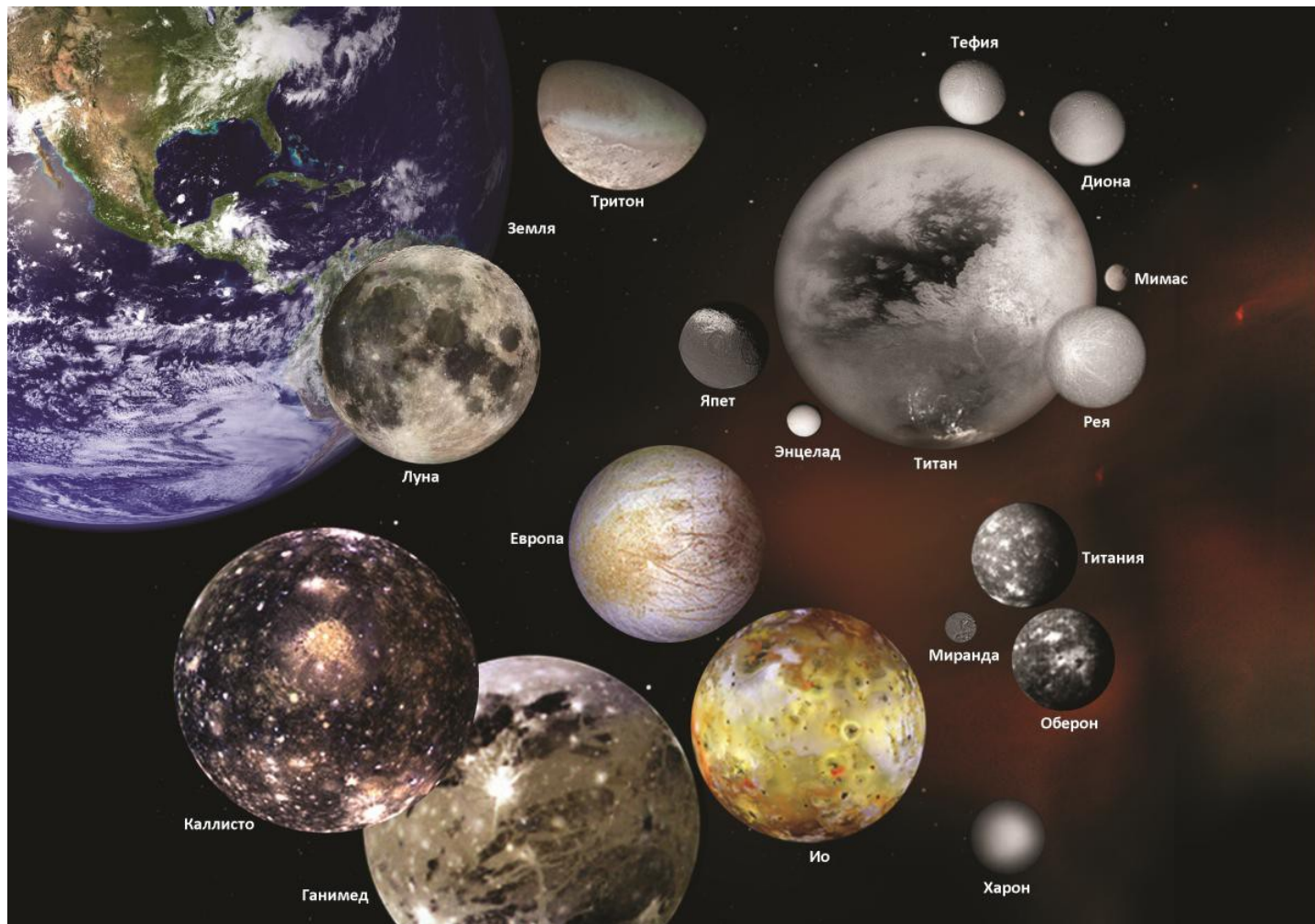
Располагаются кольца на расстоянии от 1,7 до 2,5 радиуса планеты. Ширина колец – 1700, 150, 5000 и 50 км соответственно. Они состоят из мелких силикатных пылинок, отражающих 6 % солнечного света.

Напряжённость магнитного поля у Нептуна в 3 раза меньше, чем у Земли.

Внутреннее строение Нептуна:

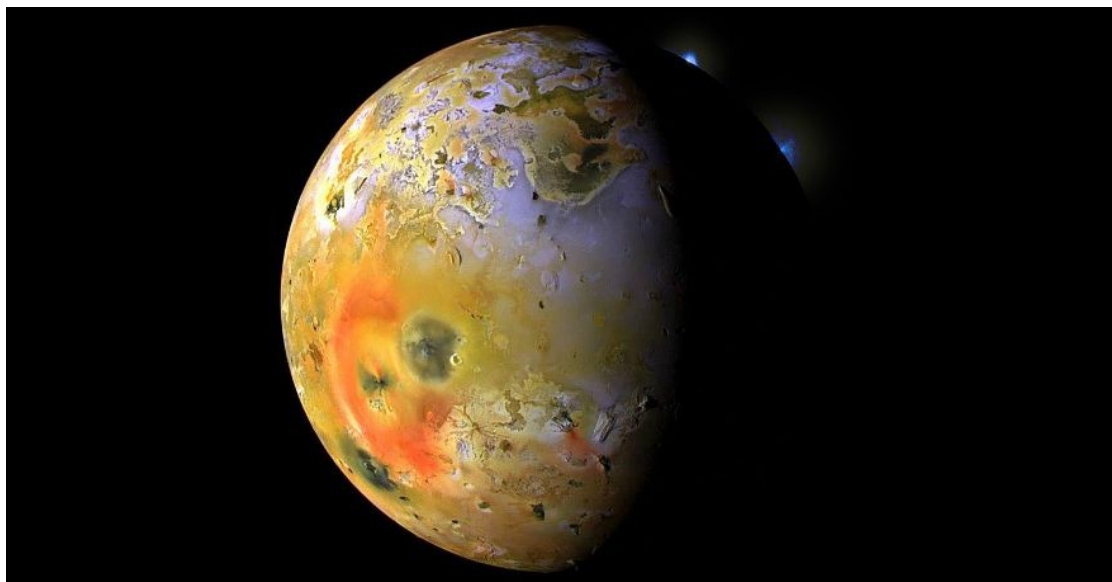


9.5. Спутники планет-гигантов



В Солнечной системе на начало 2014 г. известно 173 естественных спутника планет и практически все они являются спутниками планет-гигантов. Шесть спутников планет-гигантов – Ио, Европа, Ганимед и Каллисто (спутники Юпитера), Титан (спутник Сатурна) и Тритон (спутник Нептуна), имеют диаметр больше 2500 км, а Ганимед и Титан даже превосходят по размеру Меркурий (см. рис. выше).

Небольшие спутники размером в десятки километров представляют собой каменные или ледяные тела неправильной формы. Их поверхности усеяны кратерами и покрыты мелкой пылью. Средние спутники (в несколько сотен километров) в основном шарообразные и имеют малую плотность. По внешнему виду их поверхность напоминает лунную.



Отличаются разнообразием 6 крупнейших спутников. По своему строению они больше похожи на планеты земной группы. Крупнейшие спутники Юпитера: Ио (см. рис. выше), Европа, Ганимед (см. рис.) и Каллисто были открыты ещё в 1610 г. Галилеем. Однако основные сведения о природе крупных спутников планет-гигантов получены в результате исследований с помощью космических аппаратов.

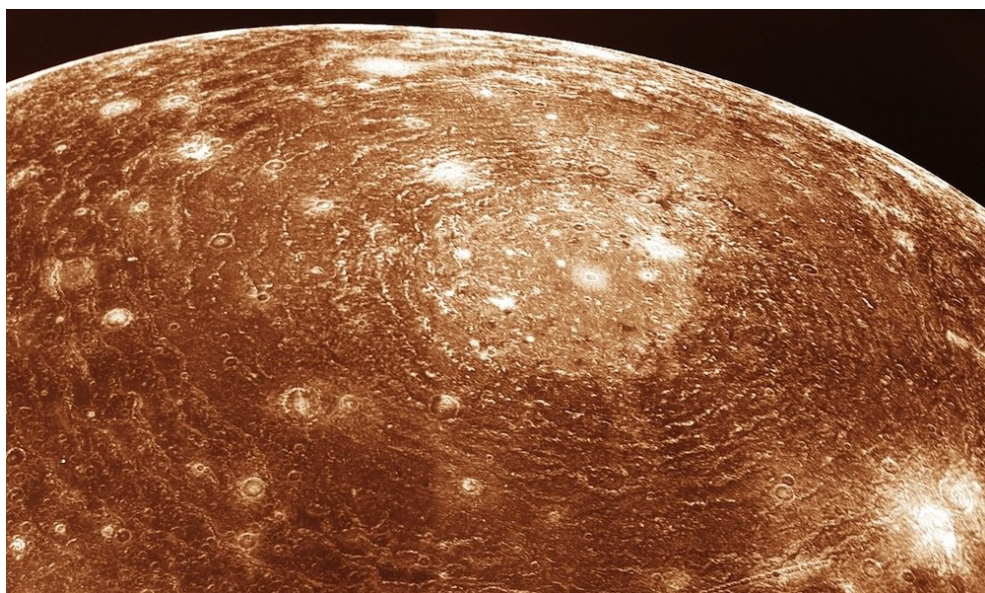
Модель внутреннего строения крупных спутников предусматривает наличие у них трёх оболочек: коры, мантии и ядра. Ядром, содержащим соединения железа и занимающим от 0,3 до 0,6 радиуса спутника, обладают Ио, Европа и Ганимед. У Тритона и Каллисто каменные ядра такого же или даже большего размеров.

Силикатная (каменистая) кора Ио имеет толщину 30 км. Под ней на глубине 100 км находится жидкая магма, температура которой достигает 2000 К. Магма питает многочисленные вулканы Ио.

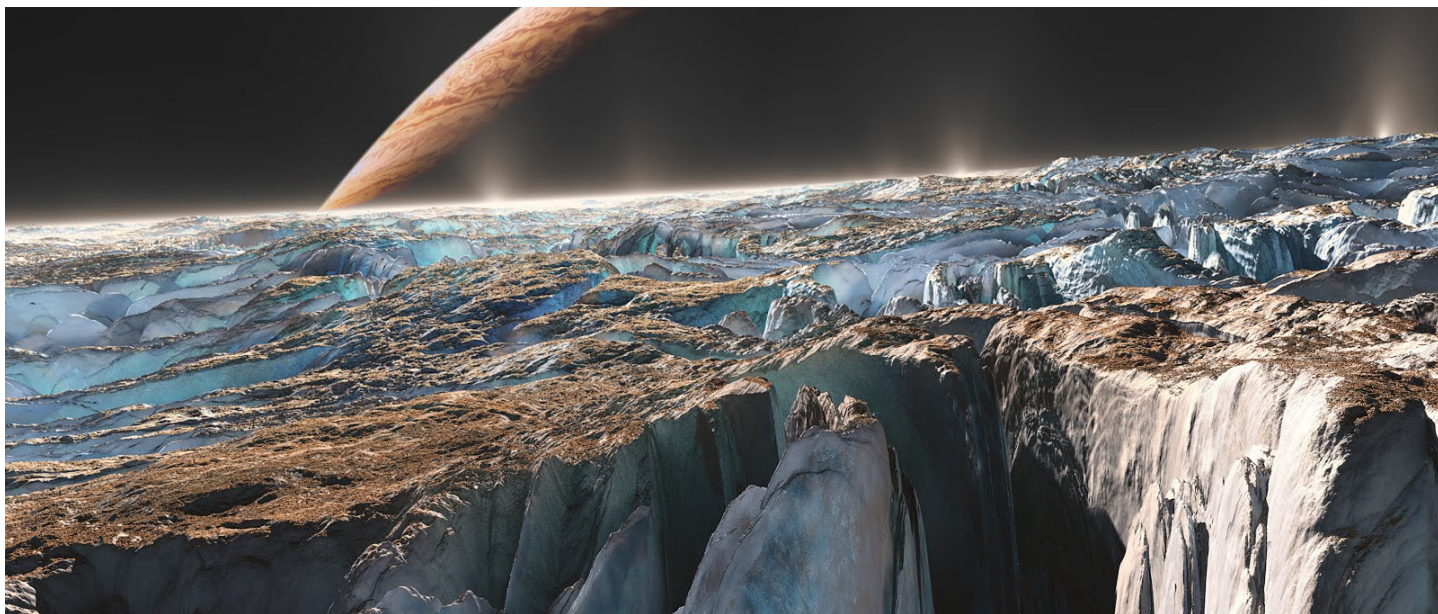
Остальные спутники покрыты ледяной оболочкой разной толщины, под которой расположена каменная мантия.



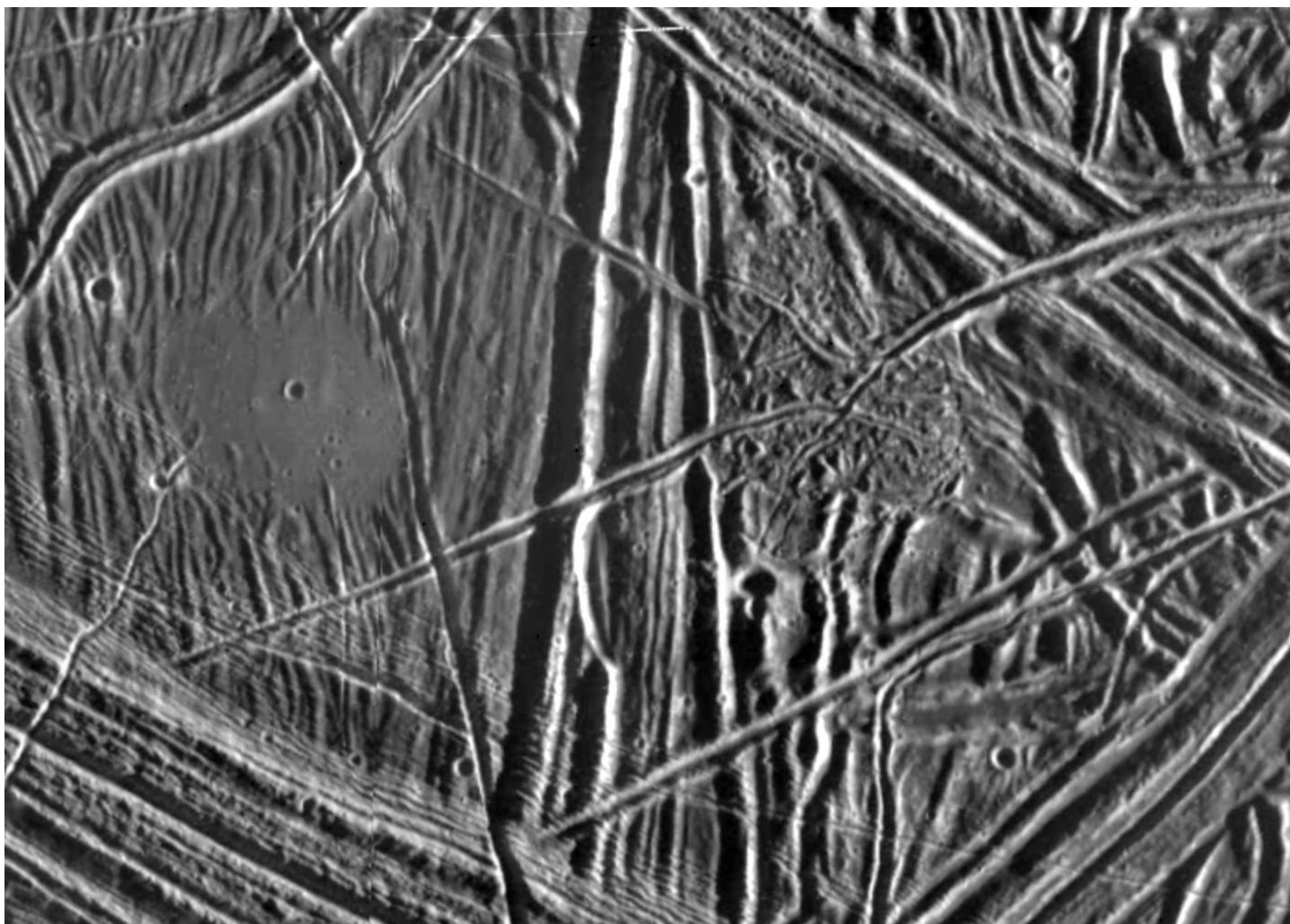
На поверхности Тритона и Ганимеда видны следы тектонической деятельности: разломы, сжатия, трещины, мелкие хребты. Каллисто отличается от них наличием многочисленных кратеров ударного происхождения (см. рис.).



Ледяную оболочку Европы (см. рис.) пересекает сеть светлых и тёмных узких полос. Это трещины в толстой ледяной коре, вызываемые приливными воздействиями Юпитера. Многолетние наблюдения за рисунком, который образуют трещины, показали, что ледяные массы немного смещаются относительно друг друга. Это значит, что подо льдом находится вода.



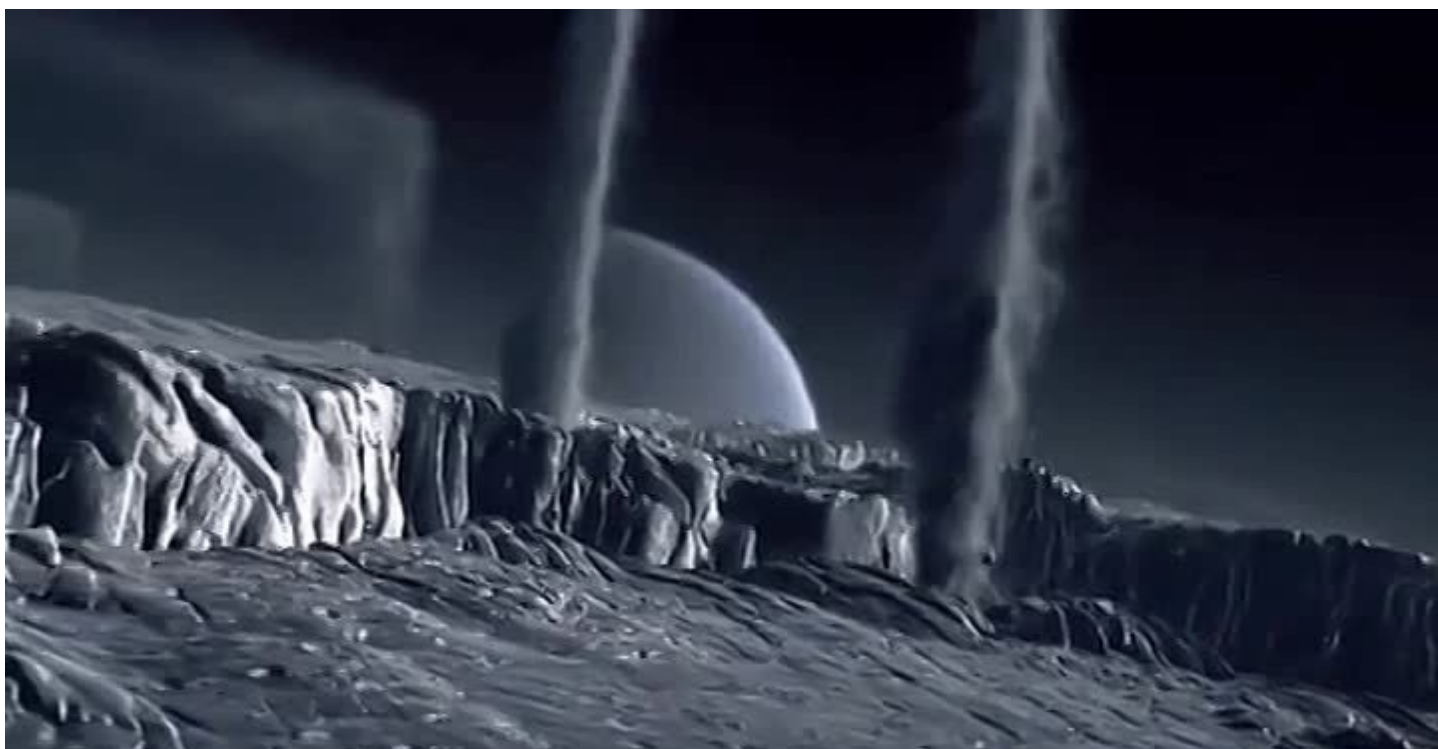
В некоторых местах ледяного панциря Европы космический аппарат «Галилео» сфотографировал странные хаотические нагромождения старых льдин, вмороженных в свежий лёд. Эти структуры называются «хаосами» (см. рис.). Они свидетельствуют о том, что время от времени лёд подтаивает, но потом снова застывает. Не успевшие растаять льдины оказываются вмороженными в новый лёд. О том, что ледяная поверхность Европы молода, свидетельствует и почти полное отсутствие на ней ударных кратеров.



На Ио нет признаков существования значительного количества воды ни внутри спутника, ни тем более на его поверхности. Зато там открыты многочисленные вулканические извержения. Выброшенные вулканами и оседающие на поверхности соединения серы придают спутнику окраску от белой до ярко-красной и чёрной (см. рис.).



При этом цвет зависит от температуры вещества. Из жерла вулканов газы выбрасываются на высоту около 200 км со скоростью примерно 1 км/с. Газовые гейзеры замечены над полярной шапкой Тритона (см. рис). Струи тёмного вещества вырываются вверх с его поверхности и достигают высоты 8 км.



Наиболее мощную атмосферу имеет Титан (см. рис.).



Она на 60 % более плотная, чем на Земле, и примерно на 85 % состоит из азота. Давление у поверхности в 1,5 раза превышает земное. Космический аппарат «Гюйгенс» в 2005 г. обнаружил горные хребты, русла рек, озёра жидкого метана и этана.

Разреженную атмосферу из азота и метана имеет Тритон (10^{-5} земной).

Слабая атмосфера из молекулярного кислорода окутывает Ганимед и Европу (10^{-9} и 10^{-11} земной). Образуется она так: солнечный свет, космические лучи и микрометеориты выбивают с ледяной поверхности молекулы воды, которые под действием ультрафиолетового излучения распадаются на атомы водорода и кислорода. Атомы водорода сразу же покидают атмосферу, а атомы кислорода объединяются в молекулы. Разреженная атмосфера из углекислого газа есть у Каллисто, такой же разреженной атмосферой из оксидов серы и вулканических газов обладает Ио (10^{-9} земной).

У нескольких крупных спутников обнаружены собственные магнитные поля.

Вопросы

1. Перечислите планеты-гиганты.
2. Дайте общую характеристику планет-гигантов (по пунктам).
3. Какова масса Юпитера по сравнению с другими планетами Солнечной системы?
4. Что представляет из себя атмосфера Юпитера?
5. С чем связан вид облаков Юпитера?

6. Как движутся облака в атмосфере Юпитера?
7. Каково внутреннее строение Юпитера?
8. Назовите главные особенности Сатурна.
9. Что из себя представляют кольца Сатурна?
10. Каково внутреннее строение Сатурна?
11. Почему Уран имеет светло-бирюзовый цвет?
12. Имеет ли Уран кольца?
13. В чём особенность магнитного поля Урана?
14. Каково внутреннее строение Урана?
15. Каковы особенности атмосферы Нептуна?
16. Имеет Нептун кольца?
17. Каково внутреннее строение Нептуна?
18. Как распределены спутники между планетами земной группы и планетами-гигантами?
19. Перечислите самые крупные спутники в Солнечной системе.
20. Какие спутники имеют ледяную кору и/или жидкую воду?
21. На каких спутниках отмечена активная вулканическая деятельность?
22. Какие спутники имеют собственные атмосферы?