

## Конспект урока "Спутники планет"

Вы знаете, что вокруг больших планет, кроме Меркурия и Венеры, обращаются спутники, которых на 2017 год насчитывалось 175. Причём на долю планет земной группы приходится лишь три спутника: Луна у Земли, а также Фобос и Деймос у Марса.

Планета	$R_{\text{ср}}$ , км	$\rho_{\text{ср}}$ , г/см <sup>3</sup>	Спутники
Меркурий	2440	5,43	—
Венера	6052	5,24	—
Земля	6371	5,52	1
Марс	3390	3,93	2
Юпитер	69 911	1,33	69
Сатурн	58 232	0,69	62
Уран	25 362	1,27	27
Нептун	24 622	1,64	14



Большинство спутников планет имеют небольшие размеры — всего несколько десятков километров. Они представляют собой каменные и ледяные тела неправильной формы (например, как спутник Сатурна Пан, похожий на гигантский пельмень диаметром около 35 километров). Поверхности таких спутников усеяны мелкими кратерами и покрыты пылью.



Средние спутники представляют собой, как правило, шарообразные тела диаметром несколько сот километров. По внешнему виду их поверхность напоминает лунную.

Семь спутников, включая нашу Луну, имеют диаметр более 2500 километров. А, например, Ганимед и Титан даже больше Меркурия. Поверхности этих спутников отличаются разнообразием, а по своему строению они больше похожи на планеты земной группы.

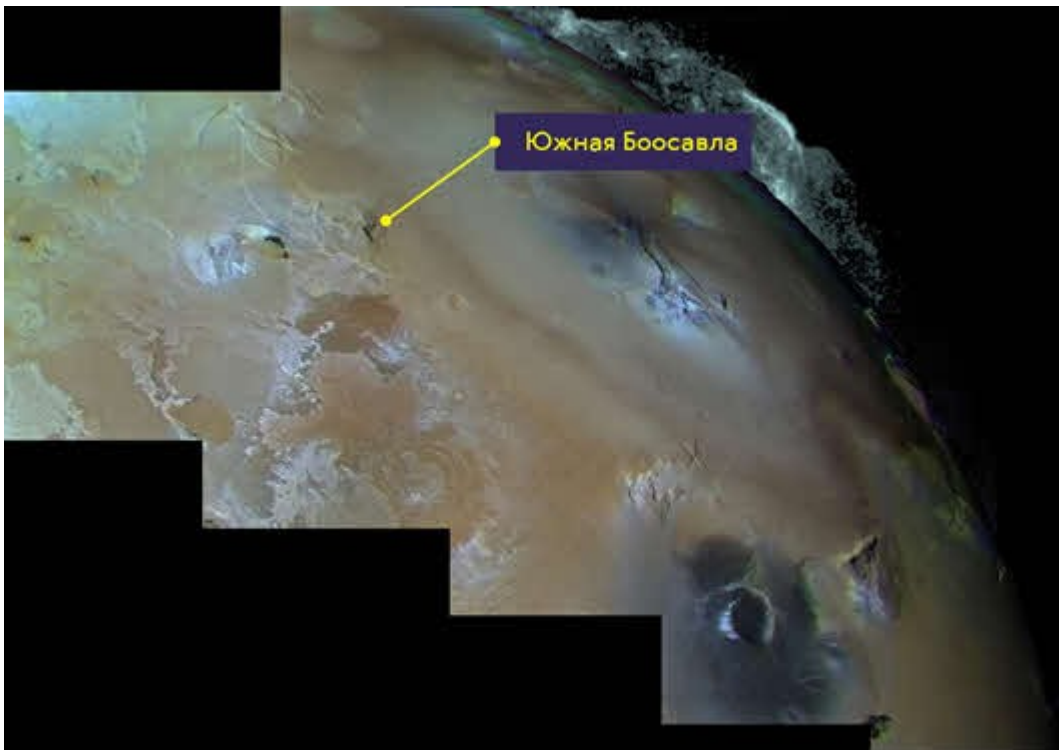
Четыре крупнейших спутника Юпитера: Ганимед, Каллисто, Ио и Европа — были обнаружены ещё в далёком 1610 году знаменитым итальянцем Галилео Галилеем. Поэтому их также называют **галиллеевыми спутниками**. Самый близкий из них к Юпитеру — это **Ио**, названный в честь мифологической возлюбленной Зевса. Его средний радиус составляет 1821,3 километра, что делает его четвёртым по величине спутником Солнечной системы.



Помимо этого, Ио является и самым геологически активным телом Солнечной системы. На его поверхности обнаружено более 400 действующих вулканов. Некоторые из них во время мощных извержений выбрасывают серу и диоксид серы на высоту до пятисот 500 километров.

Вулканизм придаёт поверхности Ио уникальные особенности и цвета. Пепел и потоки лавы (длина которых может достигать 500 километров) окрашивают её в различные оттенки красного, жёлтого, белого, чёрного и зелёного цветов.

Так же на поверхности спутника насчитывается около 150 гор, которые выросли благодаря сжатию в основании силикатной коры спутника. Некоторые из гор выше земного Эвереста. А, например, гора Южная Боосавла имеет относительную высоту 18,2 километра.



Ио, состоящая в основном из силикатных пород и железа, по своему составу ближе к планетам земной группы, чем к спутникам во внешней части Солнечной системы. А её средняя плотность ( $3,53 \text{ г/см}^3$ ) даже больше плотности Луны.

Одна из моделей внутреннего строения Ио предполагает, что внутри спутника находится ядро, радиус которого зависит от его состава. Ядро окружает частично расплавленная мантия и кора, толщина которой составляет не менее 12 километров. Атмосфера Ио крайне разрежена и состоит в основном из диоксида серы 90 %.

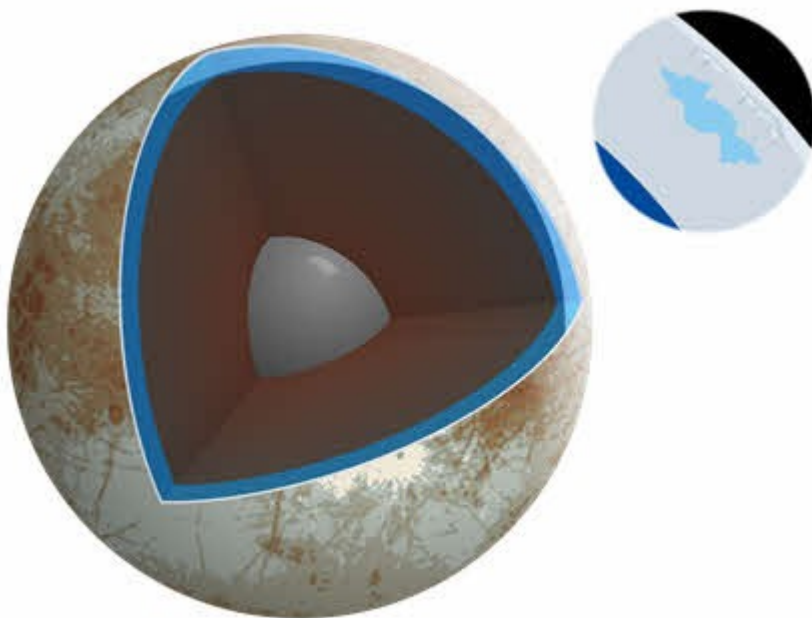


Второй по удалённости от Юпитера галилеевый спутник — это **Европа**. Названа она так в честь дочери финикийского царя — возлюбленной Зевса. Средний радиус Европы составляет 1560,8 километра при средней плотности  $3,014 \text{ г/см}^3$ .

Она обращается вокруг Юпитера по почти круговой орбите радиусом 671 100 километров. Европа, в принципе, как и все галилеевы спутники, обращена к Юпитеру всегда одной стороной.

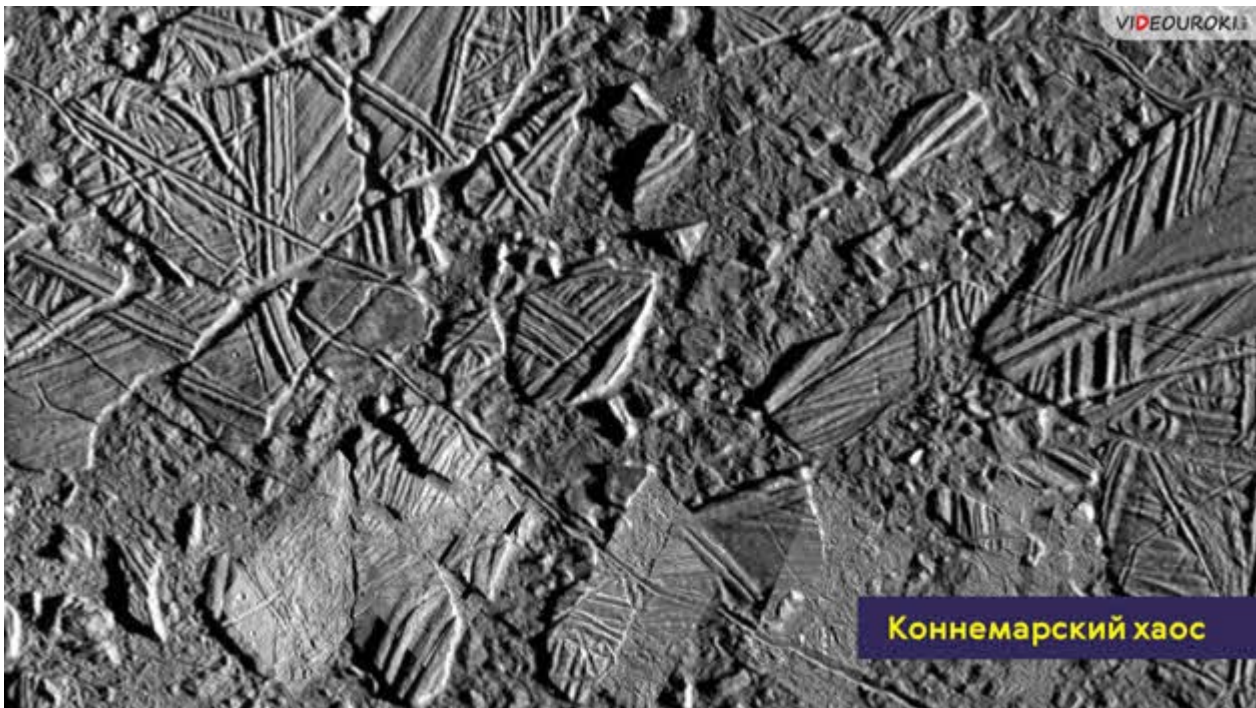


По размерам она занимает шестое место среди всех спутников планет. Но при этом масса Европы больше, чем суммарная масса всех спутников, уступающих ей в размерах. Это дало основание полагать, что в её центре находится железное ядро, окружённое силикатными породами.



Вся поверхность Европы покрыта льдом и является одной из самых гладких поверхностей Солнечной системы. Также на поверхности спутника очень мало кратеров, но много трещин. Помимо этого, рельеф некоторых участков поверхности указывает на то, что здесь когда-то давно лёд был расплавлен и в воде плавали льдины и айсберги. Также видно, что льдины (вмороженные ныне в ледяную поверхность) ранее были одним целым, но затем разошлись.





Ещё одной примечательной деталью Европы является ударный кратер Пуйл, центральная гора которого выше, чем окружающий её вал. Вероятнее всего, через пробитое астероидом отверстие на поверхность Европы излился вязкий лёд или вода.



Также над южным полюсом Европы были зафиксированы признаки выброса водяного пара — это результат действия гейзеров, бьющих из трещин ледяной коры. Это дало учёным основание полагать, что под толстым слоем льда спутника находится водяной океан. Причём, по оценкам некоторых учёных, его глубина может достигать 100 километров, а его объём вдвое больше объёма мирового океана Земли ( $3 \cdot 10^{18} \text{ м}^3$ ).

Интересные характеристики Европы, а также возможность отыскать внеземную жизнь привели к тому, что в 2016 году НАСА выделило из бюджета средства на создание

межпланетной станции для детального изучения этого спутника Юпитера. Запуск аппарата намечен на середину 2020-х гг.

Крупнейший спутник Солнечной системы и седьмой по удалённости от Юпитера — **Ганимед**. Своё название, как и три остальных галилеевых спутника, он получил в честь возлюбленного Зевса.



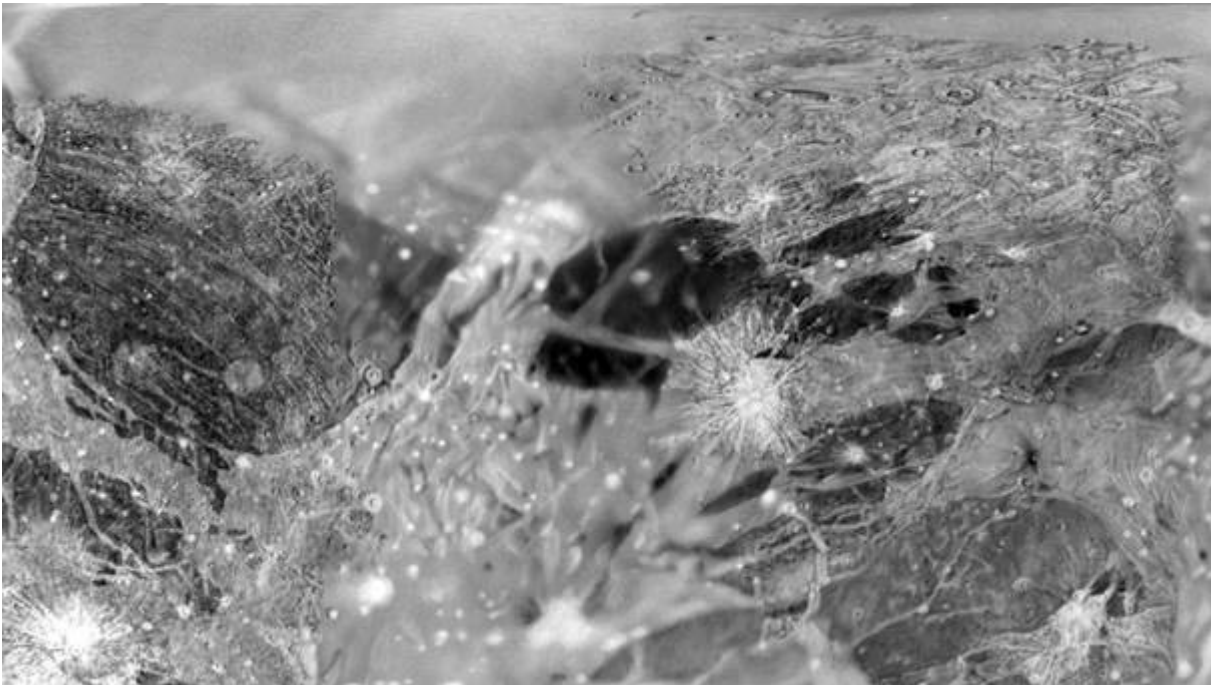
Средний радиус спутника равен 2634,1 километра, что почти на 8 % больше, чем у Меркурия. Средняя плотность Ганимеда равна  $1,936 \text{ г/см}^3$ , а масса составляет 2,5 % массы Земли и всего 45 % массы Меркурия.

Предположительно, Ганимед состоит из трёх слоёв: расплавленного железного ядра и равного количества силикатных пород и водяного льда.



Также предполагается, что под толстым слоем внешнего льда (на глубине примерно в 200 километров) есть океан солёной жидкой воды. В пользу этого факта говорит и поверхность Ганимеда, на которой наблюдается два основных типа ландшафта. Так, треть его поверхности занимают тёмные области, покрытые множеством ударных кратеров. Их возраст оценивается до 4 миллиардов лет. Остальная же поверхность спутника — светлая. Это более молодая область (но насколько — не ясно), покрытая бороздами и хребтами.

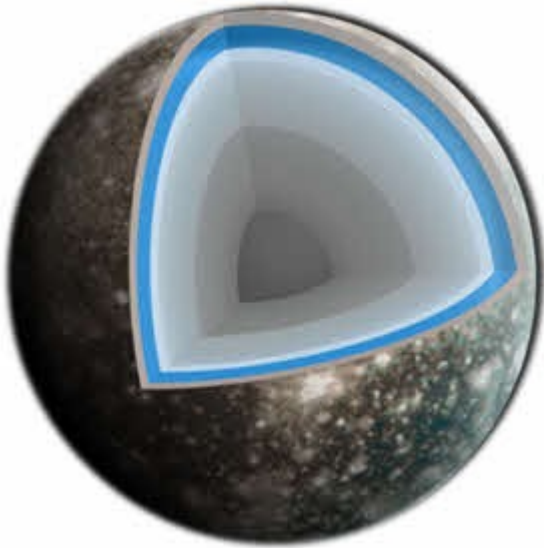
Примечательным местом поверхности Ганимеда является тёмная область, названная областью Галилея, где видна сеть разноплановых борозд. Он имеет округлую форму и резкие границы.



Последним из четырёх галилеевых спутников является Каллисто, названный так в честь ещё одной любовницы Зевса. Это второй по размерам спутник Юпитера и третий — по размерам в Солнечной системе. Его радиус равен 2410,3 километра, что составляет 0,378 радиуса Земли.



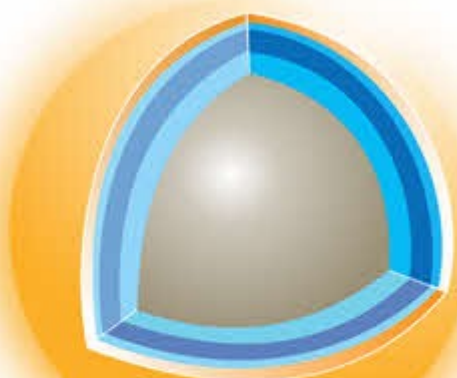
При массе примерно  $1 \cdot 10^{23}$  килограмм средняя плотность Каллисто не многим более  $1,83 \text{ г/см}^3$ . Поэтому модель её внутреннего строения предполагает, что поверхностный слой покоится на ледяной литосфере толщиной до 150 километров.



Под ледяной корой, возможно, находится океан солёной воды глубиной 50—200 километров. Ниже океана, судя по всему, находится смесь веществ с постепенным ростом доли силикатов с глубиной. Ядро, если оно есть, очень маленькое, и его радиус не превышает 600 километров.

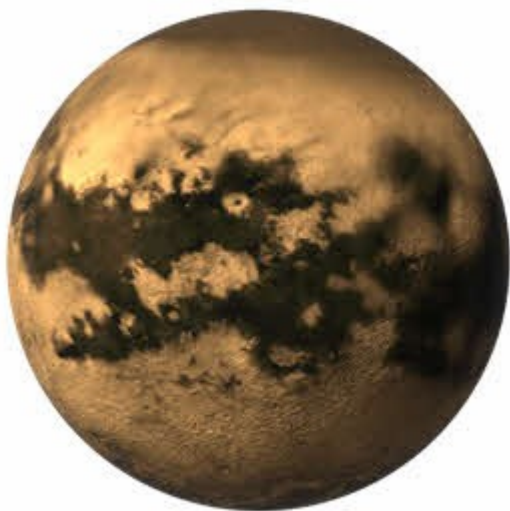
Примечательными объектами поверхности Каллисто являются многокольцевые бассейны, или цирки. Самый крупный из них — Вальхалла (см. рис.). В её центре находится яркий регион диаметром около 600 километров, который окружён концентрическими кольцами. Их радиус достигает 1800 километров.

Теперь отправимся к Сатурну. Здесь располагается второй по величине спутник в Солнечной системе — **Титан**.





Его средний радиус составляет около 2576 километров (это на 50 % больше, чем у Луны, и на 5 % больше, чем у Меркурия). Средняя плотность Титана составляет около  $1,88 \text{ г/см}^3$ . При схожих размерах с Меркурием и Ганимедом Титан — единственный спутник, который обладает атмосферой толщиной около 400 километров, более чем на 98,4 % состоящей из азота. Остальное занимают аргон и метан. Температура у поверхности Титана в среднем составляет около  $-180 \text{ }^\circ\text{C}$ . При такой температуре метан способен конденсироваться, и тогда над поверхностью Титана идут дожди.



На радарных снимках спутника хорошо видны горные хребты, русла метановых рек, а также тёмные пятна (изначально считалось, что это либо заполненные, либо высохшие метановые озёра). Однако в июле 2009 года космический аппарат «Кассини» зафиксировал блик от гладкой поверхности жидкого бассейна в инфракрасном диапазоне. Данное открытие стало неоспоримым доказательством существования жидкости на Титане. Гигантские озёра были обнаружены в районе северного полюса спутника. Самое крупное из них — Море Кракена длиной более 1000 километров и по площади сравнимое с Каспийским морем. Ещё одно — Море Лигеи — по площади (около  $100\,000 \text{ км}^2$ ) больше любого пресноводного озера на Земле.



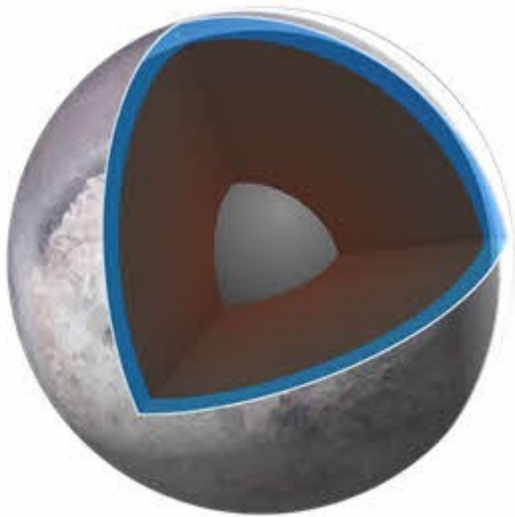
Примечательно, что Титан стал пока самым удалённым объектом Солнечной системы, на поверхность которого сел исследовательский аппарат — зонд «Гюйгенс». Снимки, сделанные зондом, показали сложный рельеф поверхности со следами действия жидкости. Также при помощи внешнего микрофона «Гюйгенс» записал звук ветра на Титане и передал его на Землю.

Следующая наша остановка — это окрестности Нептуна. Здесь располагается **Тритон** — седьмой по величине спутник Солнечной системы. Открыт он был всего через 17 дней после открытия планеты.



Имея диаметр около 2706 километров, Тритон превосходит по размерам крупнейшие карликовые планеты — Плутон и Эриду. Плотность спутника составляет 2,061 г/см<sup>3</sup> при массе  $2,14 \cdot 10^{22}$  кг.

Предполагается, что в недрах Тритона находится каменно-металлическое ядро, масса которого составляет до двух третьих ( $2/3$ ) массы всего спутника. Ядро окружено ледяной мантией с коркой водяного льда и слоем азотного льда на поверхности.



Во время пролёта «Вояджера-2» около спутника было зафиксировано всего 179 ударных кратеров (Для сравнения, на Миранде, спутнике Урана, зафиксировано 835 кратеров, и это при том, что площадь её поверхности составляет всего около 3 % от площади Тритона). Такое малое количество кратеров дало основание полагать, что возраст поверхности не превышает ста миллионов лет. А сам спутник является одним из немногих геологически активных спутников Солнечной системы. О его сложной геологической истории свидетельствуют и следы тектонической активности, замысловатый рельеф и многочисленные криовулканы, извергающие азот.