

# Юпитер- крупнейшая планета солнечной системы

A composite image featuring a close-up of Jupiter's surface on the left, showing the Great Red Spot and swirling cloud patterns. On the right, a perspective view of the solar system is shown, with the Sun at the top center, the inner planets (Mercury, Venus, Earth, Mars) in a line, and the asteroid belt extending into the foreground. The background is a starry space.

Работу выполнил  
Ученик **10** Э класса  
Кошелев Павел

## Юпитер —

крупнейшая планета Солнечной системы, пятая по удалённости от Солнца. Наряду с Сатурном, Ураном и Нептуном, Юпитер классифицируется как газовый гигант.

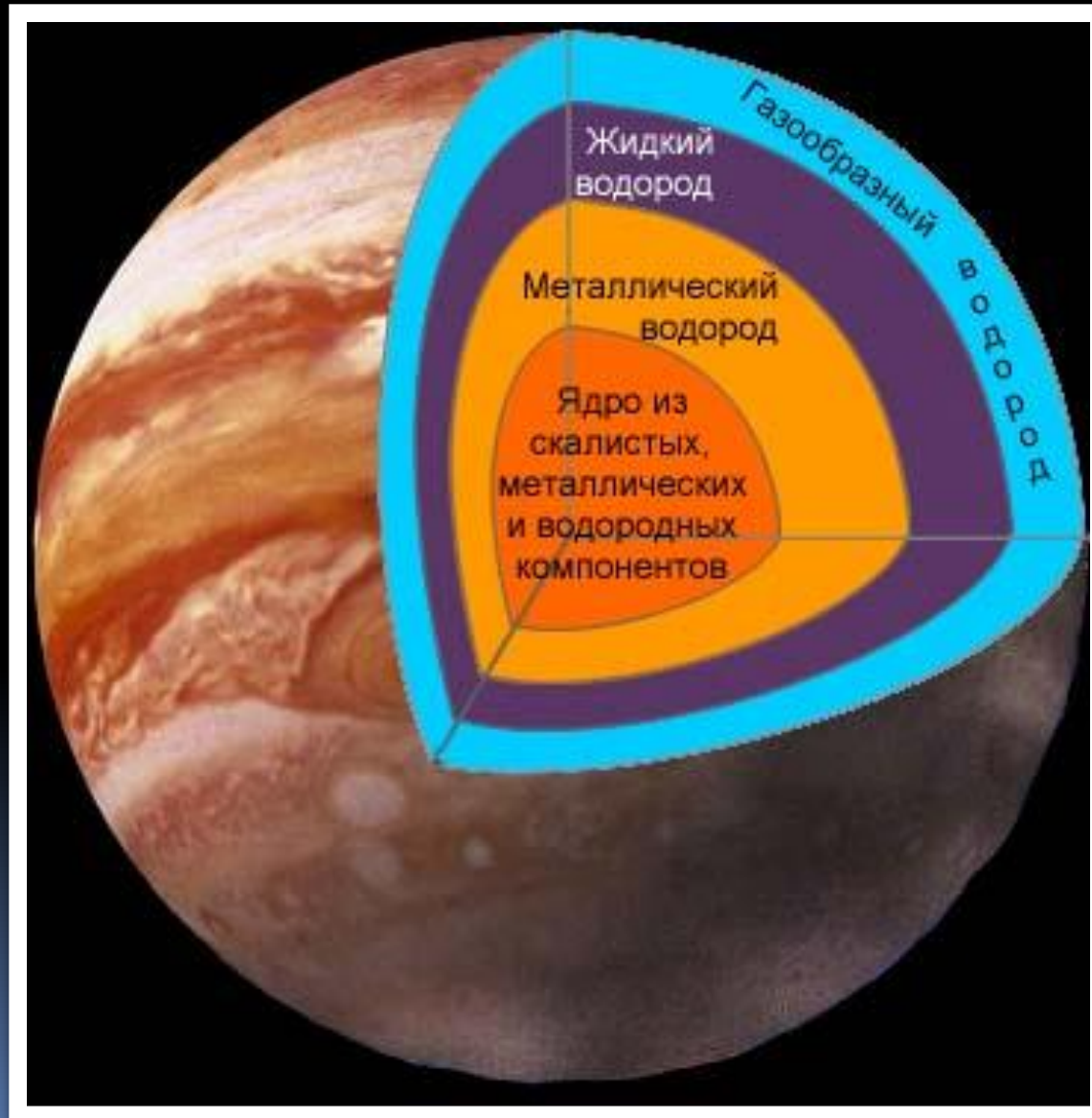
Он расположился между Марсом и Сатурном.

Размеры планеты уступают только солнечным. Радиус по экватору в 11 раз больше земного радиуса. Масса в два с лишним раза больше массы всех планет солнечной системы вместе взятых, и в 318 раз планета массивнее Земли. На один оборот вокруг Солнца у Юпитера уходит почти 12 лет при скорости около 13 км/сек.

Вокруг своей оси планета обращается гораздо быстрее, нежели Земля. Одни сутки тут



## Внутреннее строение Юпитера



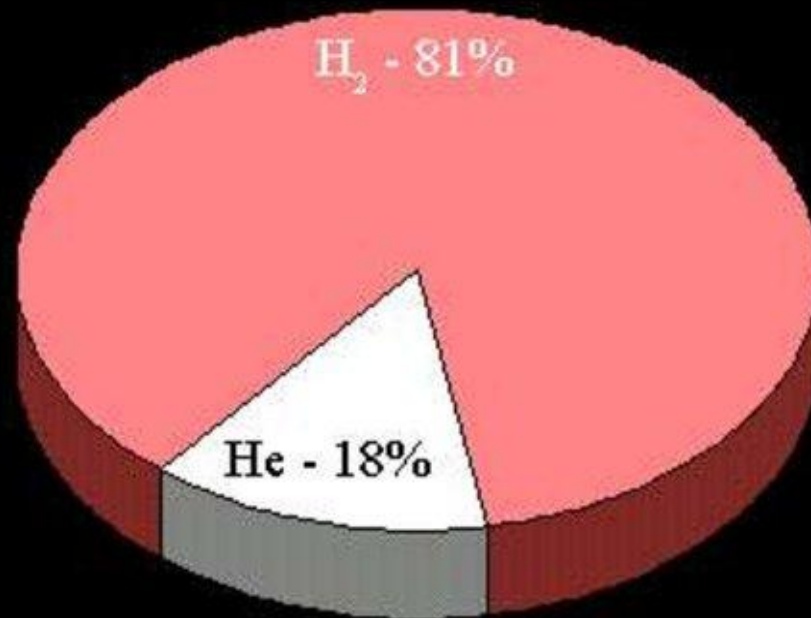
# Характеристики

## Юпитера

- Масса:  $1,9 \cdot 10^{27}$  кг (в 318 раз больше массы Земли)
- Диаметр на экваторе: 142984 км (в 11,3 раза больше диаметра Земли)
- Диаметр на полюсе: 133708 км
- Наклон оси:  $3,1^\circ$
- Плотность: 1,33 г/см<sup>3</sup>
- Температура верхних слоев: около  $-160^\circ\text{C}$
- Период обращения вокруг оси (сутки): 9,93 ч
- Расстояние от Солнца (среднее): 5,203 а. е. или 778 млн. км
- Период обращения вокруг Солнца по орбите (год): 11,86 лет
- Скорость вращения по орбите: 13,1 км/с
- Эксцентриситет орбиты:  $e = 0,049$
- Наклон орбиты к эклиптике:  $i = 1^\circ$

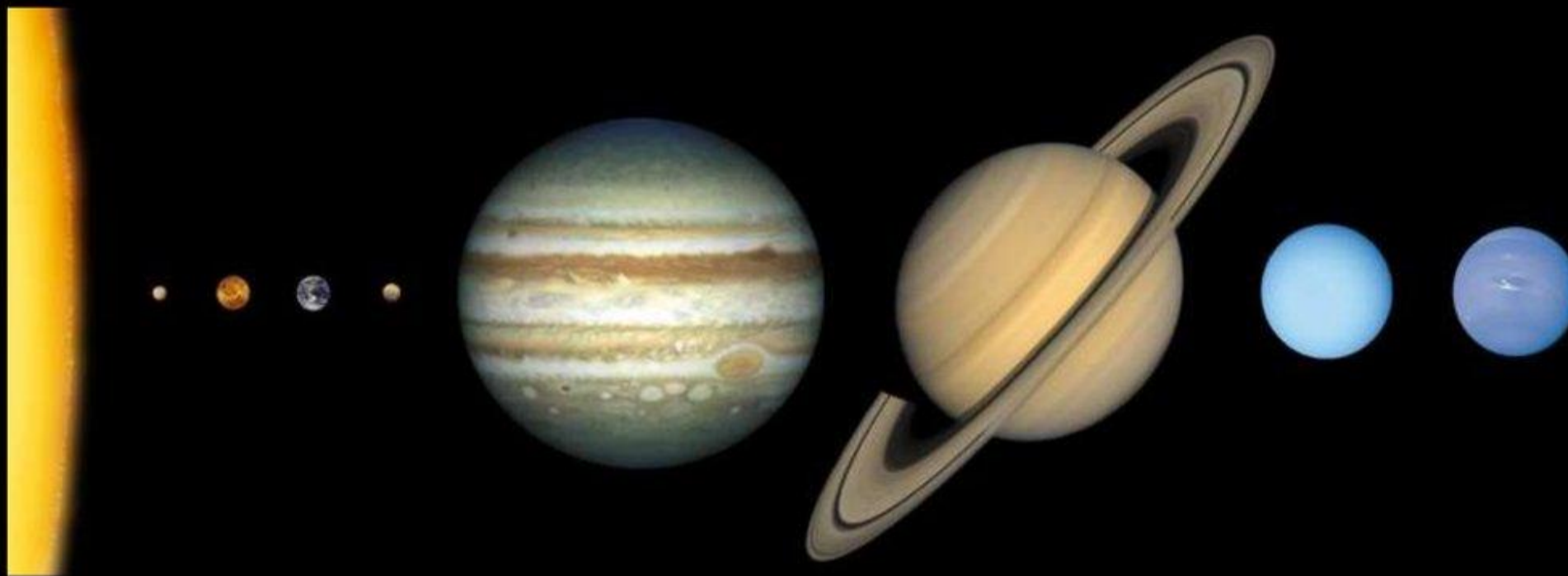


## Химический состав Юпитера



Атмосфера Юпитера в основном состоит из гелия (He) и водорода (H<sub>2</sub>), 1% приходится на: метан (CH<sub>4</sub>), аммиак (NH<sub>3</sub>), водяной пар (H<sub>2</sub>O) и органические соединения.

## Положение в Солнечной системе



Юпитер – 5-я планета Солнечной системы.

Юпитер относится к «*планетам-гигантам*» или «*газовым гигантам*»,

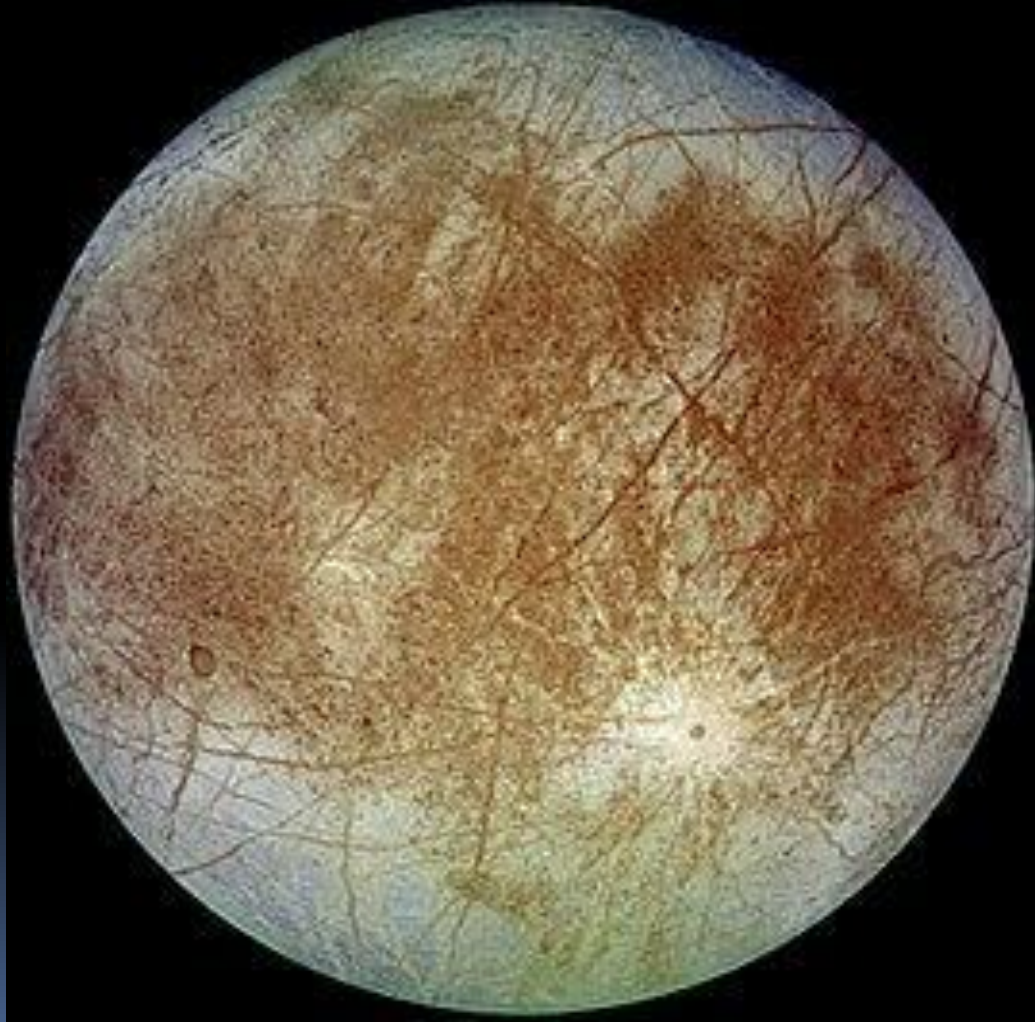
Юпитер – это «*внешняя планета*», так как он находится за орбитой Земли.

# Основные спутники Юпитера и их история

В 1610 году Галилео Галилей, наблюдая Юпитер в телескоп, открыл четыре наиболее крупных спутника — Ио, Европу, Ганимед и Каллисто, которые сейчас носят название «галилеевых». Они яркие и вращаются по достаточно удалённым от планеты орбитам, так что их легко различить даже в полевой бинокль. Галилей назвал спутники «Звездами Медичи» в честь своего покровителя Козимо II де Медичи, Великого герцога Тосканского.



# Европа



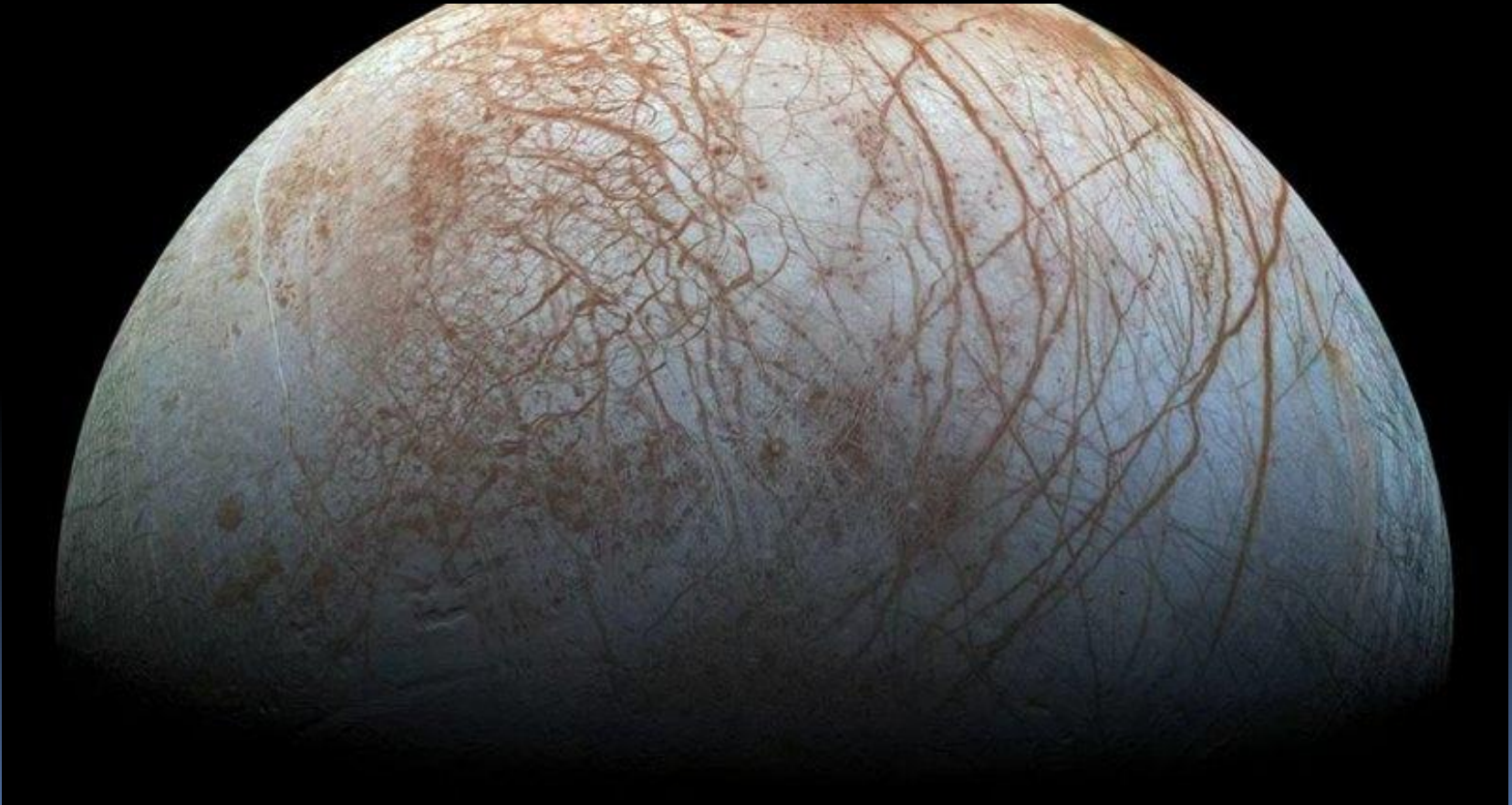


**Еврóпа** , или **Юпитер II** — шестой спутник Юпитера, наименьший из четырёх галилеевых спутников. Обнаружена в 1610 году Галилео Галилеем и, вероятно, Симоном Марием в то же самое время. На протяжении столетий за Европой велись всё более всесторонние наблюдения при помощи телескопов, а начиная с семидесятых годов двадцатого века — и пролетающих вблизи космических аппаратов.

По размерам уступая Луне, Европа состоит в основном из силикатных пород, а в центре содержит железное ядро. Поверхность состоит из льда и является одной из самых гладких в Солнечной системе; на ней очень мало кратеров, но много трещин. Легко заметная молодость и гладкость поверхности привели к гипотезе, что под ней находится водяной океан, в котором не исключено наличие микроскопической жизни. Вероятно, он не замерзает благодаря приливным силам, периодические изменения которых вызывают деформацию спутника и, как следствие, нагрев его недр. Это же служит причиной эндогенной геологической активности Европы, напоминающей тектонику плит. У спутника есть крайне разрежённая атмосфера, состоящая в основном из кислорода.

Интересные характеристики Европы, особенно возможность обнаружения внеземной жизни, привели к целому ряду предложений по исследованиям спутника. Миссия космического аппарата «Галилео», начавшаяся в 1989 году, предоставила большую часть современных данных о Европе. В бюджете NASA на 2016 год выделены средства на разработку автоматической межпланетной станции Europa Clipper, предназначенной для изучения Европы на предмет её обитаемости, запуск наиболее вероятен в середине 2020-х гг. Запуск аппарата для изучения ледяных спутников Юпитера, Jupiter Icy Moon Explorer (JUICE), запланирован на 2022 год.

По размеру Европа немногим меньше Луны. Имея диаметр 3122 км, она занимает шестое место по величине среди спутников и пятнадцатое — среди всех объектов Солнечной системы. Это самый маленький из галилеевых спутников. Однако масса Европы больше, чем у всех известных спутников в Солнечной системе, уступающих ей размерами, вместе взятых. Её средняя плотность —  $3,013 \text{ г/см}^3$  — указывает на то, что она состоит в основном из силикатных пород и, таким образом, схожа по составу с планетами земной группы.



# Ганимед



**Ганимéd** — один из галилеевых спутников Юпитера, седьмой по расстоянию от него среди всех его спутников и крупнейший спутник в Солнечной системе. Его диаметр равен 5268 километрам, что на 2 % больше, чем у Титана (второго по величине спутника в Солнечной системе) и на 8 % больше, чем у Меркурия. При этом масса Ганимеда составляет всего 45 % массы Меркурия, но среди спутников планет она рекордно велика. Луну Ганимед превышает по массе в 2,02 раза. Совершая облёт орбиты примерно за семь дней, Ганимед участвует в орбитальном резонансе 1:2:4 с двумя другими спутниками Юпитера — Европой и Ио.

Ганимед состоит из примерно равного количества силикатных пород и водяного льда. Это полностью дифференцированное тело с жидким ядром, богатым железом. Предположительно, в его недрах на глубине около 200 км между слоями льда есть океан жидкой воды. На поверхности Ганимеда наблюдаются два типа ландшафта. Треть поверхности спутника занимают тёмные области, испещрённые ударными кратерами. Их возраст доходит до четырёх миллиардов лет. Остальную площадь занимают более молодые светлые области, покрытые бороздами и хребтами. Причины сложной геологии светлых областей до конца не ясны. Вероятно, она связана с тектонической активностью, вызванной приливным нагревом.

Ганимед — единственный спутник в Солнечной системе, обладающий собственной магнитосферой. Скорее всего, её создаёт конвекция в жидком ядре, богатом железом. Небольшая магнитосфера Ганимеда заключена в пределах намного большей магнитосферы Юпитера и лишь немного деформирует её силовые линии. У спутника есть тонкая атмосфера, в состав которой входят такие аллотропные модификации кислорода, как O (атомарный кислород), O<sub>2</sub> (кислород) и, возможно, O<sub>3</sub> (озон). Количество атомарного водорода (H) в атмосфере незначительно. Есть ли у Ганимеда ионосфера, неясно.

Ганимед открыл Галилео Галилей, который увидел его 7 января 1610 года. Вскоре Симон Марий предложил назвать его в честь виночерпия Ганимеда. Первым космическим аппаратом, изучавшим Ганимед, стал «Пионер-10» в 1973 году. Намного более детальные исследования провели аппараты программы «Вояджер» в 1979 году. Космический аппарат «Галилео», изучавший систему Юпитера начиная с 1995 года, обнаружил подземный океан и магнитное поле Ганимеда. В 2012 году Европейское космическое агентство одобрило новую миссию для исследований ледяных спутников Юпитера — JUICE; её запуск планируется на 2022 год, а прибытие в систему Юпитера — на 2030 год. На 2020 год запланирована миссия Europa Jupiter System Mission, составной частью которой, возможно, станет российский посадочный модуль «Лаплас».

Ганимед является самым крупным и самым массивным спутником в Солнечной системе. Его диаметр (5268 км) составляет 41 % от диаметра Земли, на 2 % больше, чем у спутника Сатурна Титана (второго по величине спутника), на 8 % больше диаметра Меркурия, на 9 % — Каллисто, на 45 % — Ио и на 51 % больше Луны. Его масса на 10 % больше, чем у Титана, на 38 % больше, чем у Каллисто, на 66 % больше, чем у Ио и в 2,02 раза больше массы Луны.



No



**Ио**, или **Ио́**, — спутник Юпитера, самый близкий к планете из четырёх галилеевых спутников. Назван в честь мифологической Ио — жрицы Геры и возлюбленной Зевса. Имеет диаметр 3642 км, что делает его четвёртым по величине спутником в Солнечной системе.

Этот спутник — самое геологически активное тело Солнечной системы, на нём более 400 действующих вулканов. Такая активность обусловлена периодическим нагревом недр спутника в результате трения, которое происходит, скорее всего, из-за приливных гравитационных воздействий со стороны Юпитера, Европы и Ганимеда. У некоторых вулканов выбросы серы и диоксида серы настолько сильны, что поднимаются на высоту 500 километров. На поверхности Ио можно заметить более ста гор, которые выросли благодаря сжатию в основании силикатной коры спутника. Некоторые из этих пиков выше Джомолунгмы — например, гора Южная Боосавла превышает её вдвое. В отличие от большинства спутников во внешней части Солнечной системы (которые в основном состоят из водяного льда), Ио в основном состоит из силикатных пород, окружающих расплавленное ядро из железа или сернистого железа. Большую часть поверхности Ио занимают равнины, покрытые серой или замёрзшим диоксидом серы. Вулканизм придаёт поверхности Ио уникальные особенности. Вулканический пепел и потоки лавы постоянно изменяют поверхность и окрашивают её в различные оттенки жёлтого, белого, красного, чёрного и зелёного (во многом благодаря аллотропам и соединениям серы). Потоки лавы на Ио достигают длины 500 километров. Вулканические выбросы создают тонкую неоднородную атмосферу Ио и потоки плазмы в магнитосфере Юпитера, в том числе огромный плазменный тор вокруг него.

Ио сыграла значительную роль в развитии астрономии XVII—XVIII веков. Её, вместе с другими галилеевыми спутниками, открыл Галилео Галилей в 1610 году. Это открытие способствовало принятию модели Солнечной системы Коперника, разработке законов движения планет Кеплера и первому измерению скорости света. Ио наблюдали только как яркую точку вплоть до конца XIX — начала XX века, когда стало возможным рассмотреть самые большие детали её поверхности — тёмно-красный полярный и светлый экваториальный районы. В 1979 году два космических корабля «Вояджер» представили Ио миру как геологически активный спутник с многочисленными вулканами, большими горами и сравнительно молодой поверхностью без заметных ударных кратеров. Космический аппарат «Галилео» выполнил несколько близких пролётов в 1990-х и в начале 2000-х годов, получив данные о внутренней структуре и составе поверхности Ио. Эти космические корабли также обнаружили связь между спутником и магнитосферой Юпитера и радиационный пояс вдоль орбиты Ио. Человек на поверхности Ио получал бы поглощённую дозу радиации около 3600 рад (36 Гр) в день.

В дальнейшем Ио наблюдали космический аппарат «Кассини-Гюйгенс» в 2000 году и космическая межпланетная станция «Новые горизонты» в 2007 году, а также, благодаря развитию технологий, наземные телескопы и космический телескоп «Хаббл».

Ио не похожа на большинство спутников газовых планет (содержащих много льда) и состоит в основном из силикатов и железа, как и планеты земной группы. Ио по размеру немногим больше спутника Земли — Луны. Её средний радиус равен приблизительно 1821,3 километра (на 5 % больше среднего радиуса Луны), а масса составляет  $8,9319 \times 10^{22}$  кг (примерно на 21 % больше, чем у Луны). Ио имеет форму эллипсоида, большая ось которого направлена в сторону Юпитера. Среди галилеевых спутников по массе и объёму Ио стоит после Ганимеда и Каллисто, но перед Европой.





# Каллисто



**Каллисто** — второй по размеру спутник Юпитера (после Ганимеда), один из четырёх галилеевых спутников и самый удалённый среди них от планеты. Является третьим по величине спутником в Солнечной системе после Ганимеда и Титана. Был открыт в 1610 году Галилео Галилеем, назван в честь персонажа древнегреческой мифологии — Каллисто, любовницы Зевса. Благодаря низкому уровню радиационного фона в окрестностях Каллисто и её размерам её часто предлагают для основания станции, которая послужит для дальнейшего освоения системы Юпитера человечеством. На 2015 год основной объём знаний об этом спутнике получен аппаратом «Галилео»; другие АМС — «Пионер-10», «Пионер-11», «Вояджер-1», «Вояджер-2», «Кассини» и «Новые горизонты» — изучали спутник во время полёта к другим объектам.

Каллисто — синхронный спутник: её период вращения вокруг своей оси равен её орбитальному периоду, таким образом, она всегда обращена к Юпитеру одной стороной (находится в приливном захвате). Так как Каллисто не находится в высокочастотном орбитальном резонансе с другими крупными спутниками, возмущения со стороны Ио, Европы, Ганимеда не вызывают увеличения эксцентриситета её орбиты и не приводят к приливному разогреву из-за взаимодействия с центральной планетой.

Каллисто — третий по величине спутник в Солнечной системе, а в спутниковой системе Юпитера — второй после Ганимеда. Диаметр Каллисто составляет около 99 % диаметра Меркурия, а масса — всего треть от массы этой планеты. Каллисто имеет среднюю плотность около 1,83 г/см<sup>3</sup> и состоит из приблизительно равного количества камня и льдов. Спектроскопия выявила на поверхности Каллисто водяной лёд, углекислый газ, силикаты и органику.

Каллисто менее подвержена влиянию магнитосферы Юпитера, чем более близкие его спутники, потому что находится достаточно далеко от него. Она покрыта множеством кратеров, что указывает на большой возраст её поверхности. Там практически не заметно следов подповерхностных процессов (например, тектонических или вулканических), и, очевидно, главную роль в формировании рельефа на спутнике играют удары метеоритов и более крупных объектов. Наиболее характерная особенность поверхности Каллисто — многокольцевые структуры («цирки»), а также большое количество ударных кратеров различной формы, некоторые из которых образуют цепочки, и связанные со всеми этими структурами откосы, гребни и отложения. Низменности спутника характеризуются сглаженным ландшафтом и более тёмным цветом, а верхние части возвышенностей покрыты ярким инеем. Относительно небольшое количество маленьких кратеров по сравнению с большими, а также заметная распространённость холмов указывают на постепенное сглаживание рельефа спутника процессами сублимации. Точный возраст геоструктур Каллисто неизвестен. Каллисто окружена чрезвычайно разреженной атмосферой, состоящей из углекислого газа и, возможно, из молекулярного кислорода, а также относительно мощной ионосферой.

Каллисто, как предполагается, образовалась в ходе медленной аккреции из газопылевого диска, окружавшего Юпитер после его формирования. Из-за низкой скорости наращивания массы спутника и слабого приливного нагрева температура в его недрах была недостаточной для их дифференциации. Но вскоре после начала формирования Каллисто внутри неё началась медленная конвекция, которая привела к частичной дифференциации — формированию подповерхностного океана на глубине 100—150 км и небольшого силикатного ядра. По данным измерений, выполненных с борта КА «Галилео», глубина подповерхностного слоя жидкой воды превышает 100 км. Наличие океана в недрах Каллисто делает этот спутник одним из возможных мест присутствия внеземной жизни. Однако на Каллисто условия для возникновения и поддержания жизни на основе хемосинтеза менее благоприятны, чем на Европе.

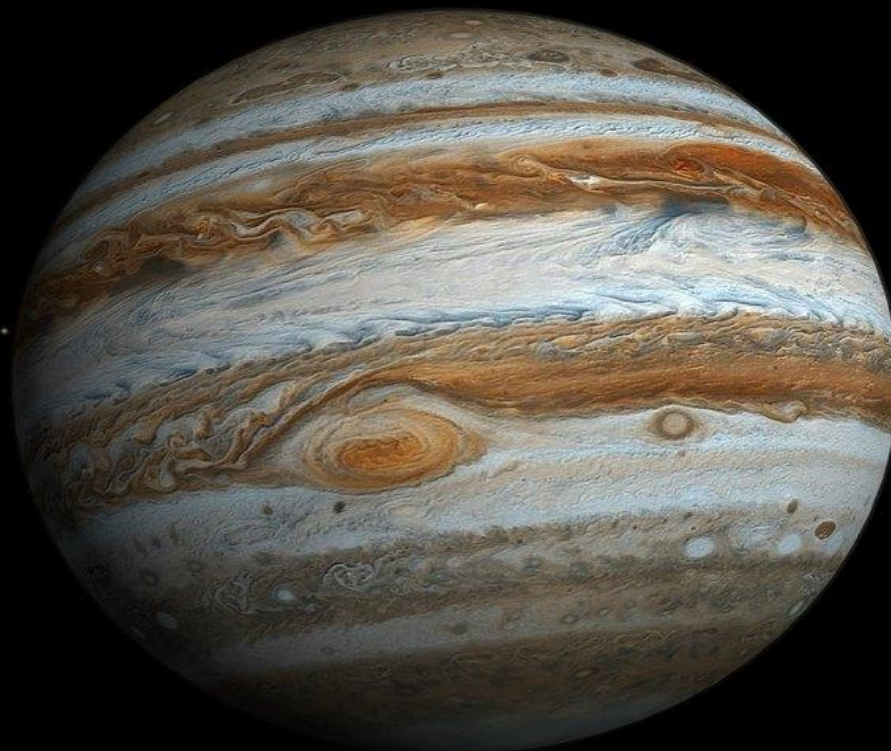
Средняя плотность Каллисто равна  $1,83 \text{ г/см}^3$ . Это указывает на то, что она состоит из примерно равного количества водяного льда и скальных пород и дополнительных включений замёрзших газов. Массовая доля льдов составляет около 49—55 %. Точный состав каменной составляющей спутника не известен, но, вероятно, он близок к составу обычных хондритов класса L/LL, у которых по сравнению с хондритами класса H более низкое полное содержание железа, меньший процент металлического железа и больший — оксидов железа. Массовое соотношение между железом и кремнием в Каллисто лежит в пределах 0,9—1,3 (для примера, на Солнце это соотношение примерно равно 1:8).



# Система основных спутников Юпитера

Название	Блеск, <i>m</i>	Радиус орбиты, тыс. км	Период обращения вокруг Юпитера, "-" обрат., сут.	Радиус, км	Масса, кг	Открыт
Метида	17,5	128	0,29478	20	$9 \cdot 10^{16}$	1979
Адрастея	18,7	129	0,29826	13?10?8	$1 \cdot 10^{16}$	1979
Амальтея	14,1	181	0,49818	31?73?67	$7,2 \cdot 10^{18}$	1892
Теба	16,0	222	0,6745	55?45	$7,6 \cdot 10^{17}$	1979
Ио	5,0	422	1,76914	1830?1818?1815	$8,9 \cdot 10^{22}$	1610
Европа	5,3	671	3,55118	1565	$4,8 \cdot 10^{22}$	1610
Ганимед	4,6	1070	7,15455	2634	$1,5 \cdot 10^{23}$	1610
Каллисто	5,6	1883	16,6890	2403	$1,1 \cdot 10^{23}$	1610
Леда	20,2	11 094	238,72	5	$5,7 \cdot 10^{16}$	1974
Гималия	15,0	11 480	250,566	85	$9,5 \cdot 10^{18}$	1904
Лиситея	18,2	11 720	259,22	12	$7,6 \cdot 10^{16}$	1938
Элара	16,6	11 737	259,653	40	$7,6 \cdot 10^{17}$	1904
Ананке	18,9	21 200	-631	10	$3,8 \cdot 10^{16}$	1951
Карме	17,9	22 600	-692	15	$9,5 \cdot 10^{16}$	1938
Пасифе	16,9	23 500	-735	18	$1,6 \cdot 10^{17}$	1908
Синопе	18,0	23 700	-758	14	$7,6 \cdot 10^{16}$	1914
S/1999J1	21,0	24 160	-768	5	$1,0 \cdot 10^{16}$	1999

# Большое красное пятно



У Сатурна есть кольца, у Земли голубые океаны, а у Юпитера — поразительные яркие и закрученные в полосы облака, формирующиеся под влиянием очень быстрого вращения газового гиганта вокруг своей оси (каждые 10 часов). Наблюдаемые на его поверхности образования в виде пятен представляют собой формирования динамических погодных условий в облаках Юпитера.

Для ученых остается вопросом, насколько глубоко к поверхности планеты проходят эти облака. Считается, что так называемое Большое красное пятно — огромная буря на Юпитере, обнаруженная на его поверхности еще в 1664 году, постоянно сокращается и уменьшается в размерах. Но даже сейчас эта массивная штормовая система превосходит размеры Земли примерно в два раза.

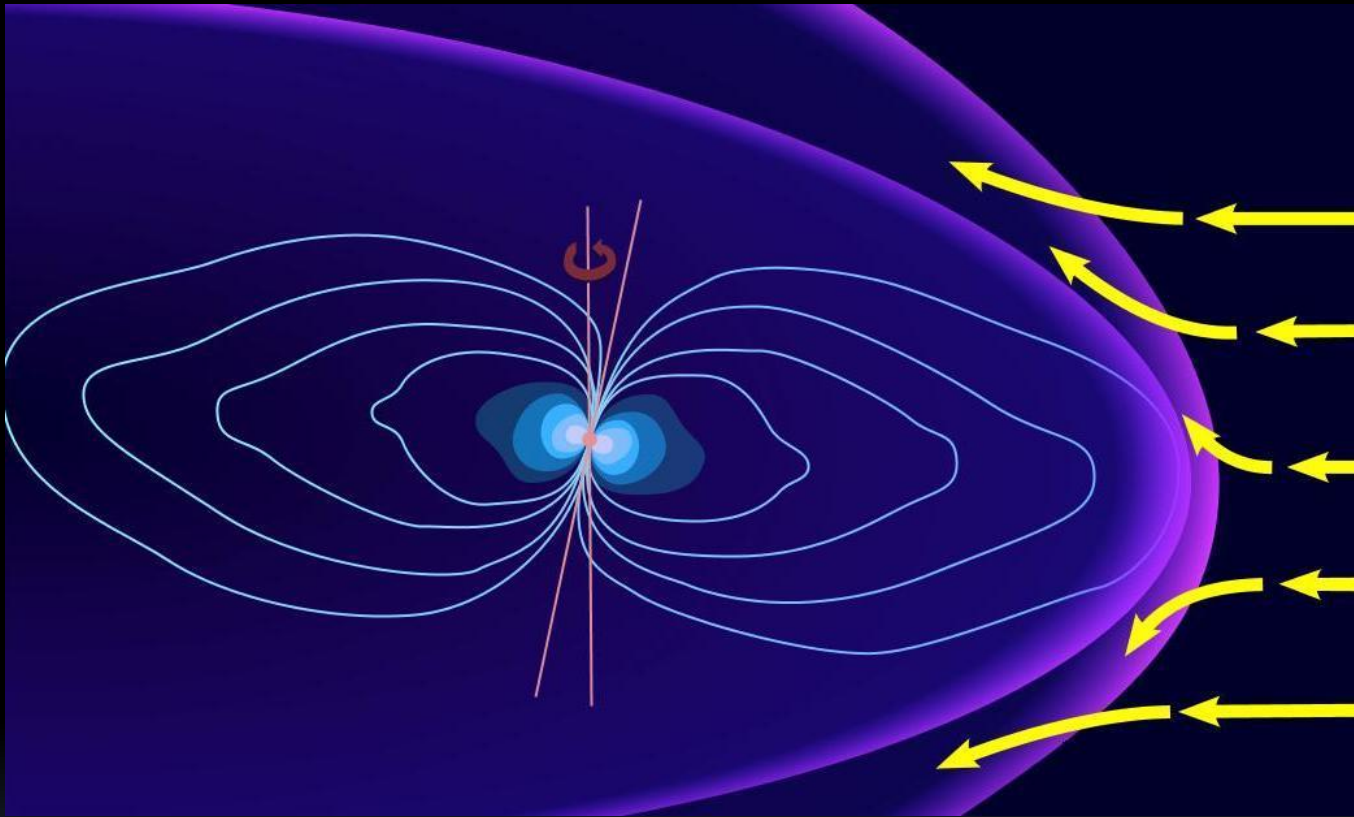
Последние наблюдения космического телескопа «Хаббл» указывают на то, что начиная 1930-х, когда только началось последовательное наблюдение объекта, его размер мог уменьшиться вдвое. В настоящее время многие исследователи говорят о том, что уменьшение размеров Большого красного пятна происходит все более и более быстрыми темпами.

# Кольца Юпитера



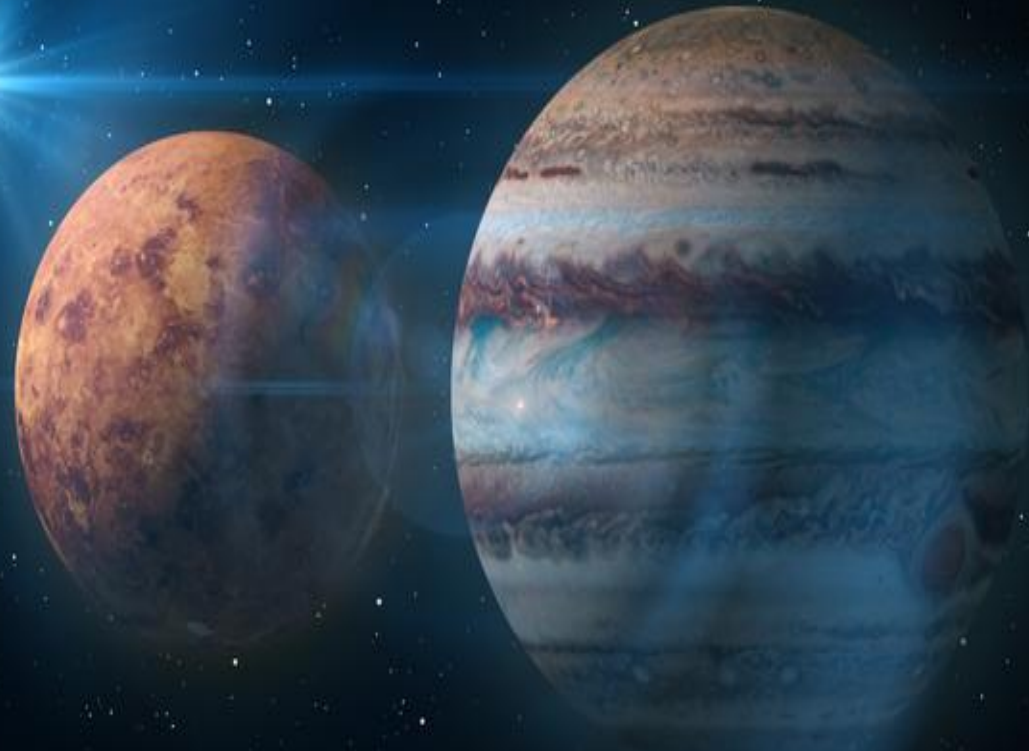
Несмотря на то, что большинству из нас при упоминании колец вокруг планеты на ум приходит Сатурн с его ярко выраженными кольцами, у Юпитера они тоже есть. Кольца Юпитера в основном состоят из пыли, что делает их трудно различимыми. Формирование этих колец, как полагают, произошло за счет силы тяжести Юпитера, которая захватила материал, выброшенный из его спутников в результате их столкновений с астероидами и кометами.

# Магнитное поле Юпитера



Магнитное поле Юпитера настолько огромно, что выходит даже за орбиту Сатурна и составляет около 650 000 000 км. Оно превышает земное почти в 12 раз, а наклон магнитной оси, составляет  $11^\circ$  относительно оси вращения. Металлический водород, присутствующий в недрах планеты и объясняет наличие столь мощного магнитного поля. Он является отличным проводником и, вращаясь с огромной скоростью, образует магнитные поля. На Юпитере, как и на Земле, тоже имеются 2 магнитных инвертированных полюса. Но стрелка компаса на газообразном гиганте всегда показывает на юг.

«Крупнейшая планета Солнечной системы на самом деле уникальна», — говорит Скотт Болтон, главный исследователь миссии «Юнона».



Спасибо за внимание!

