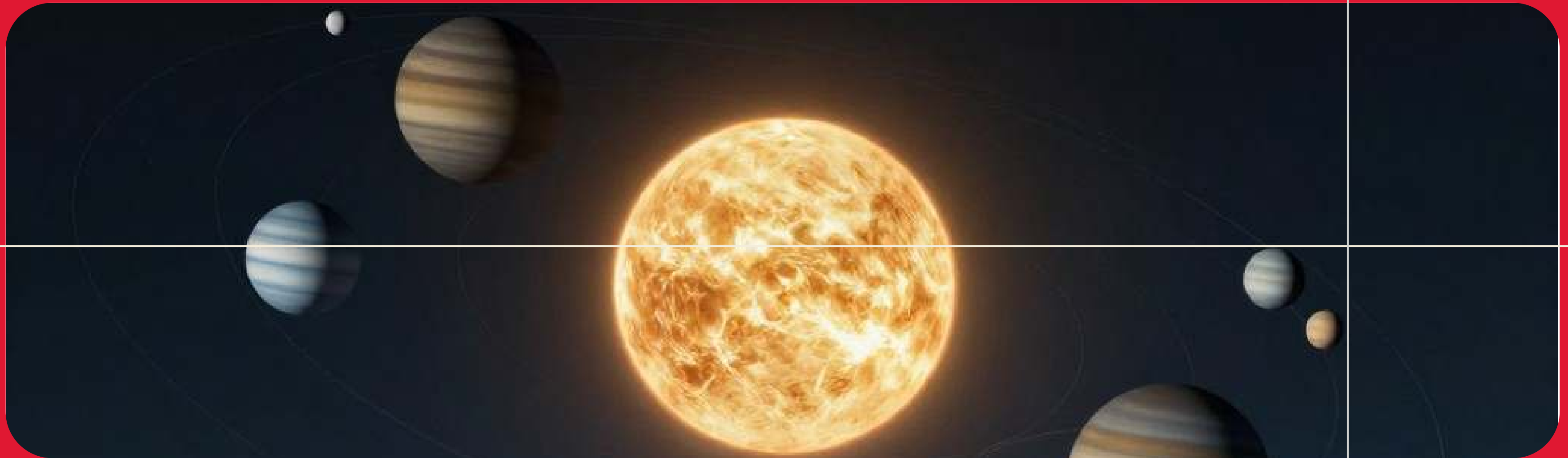
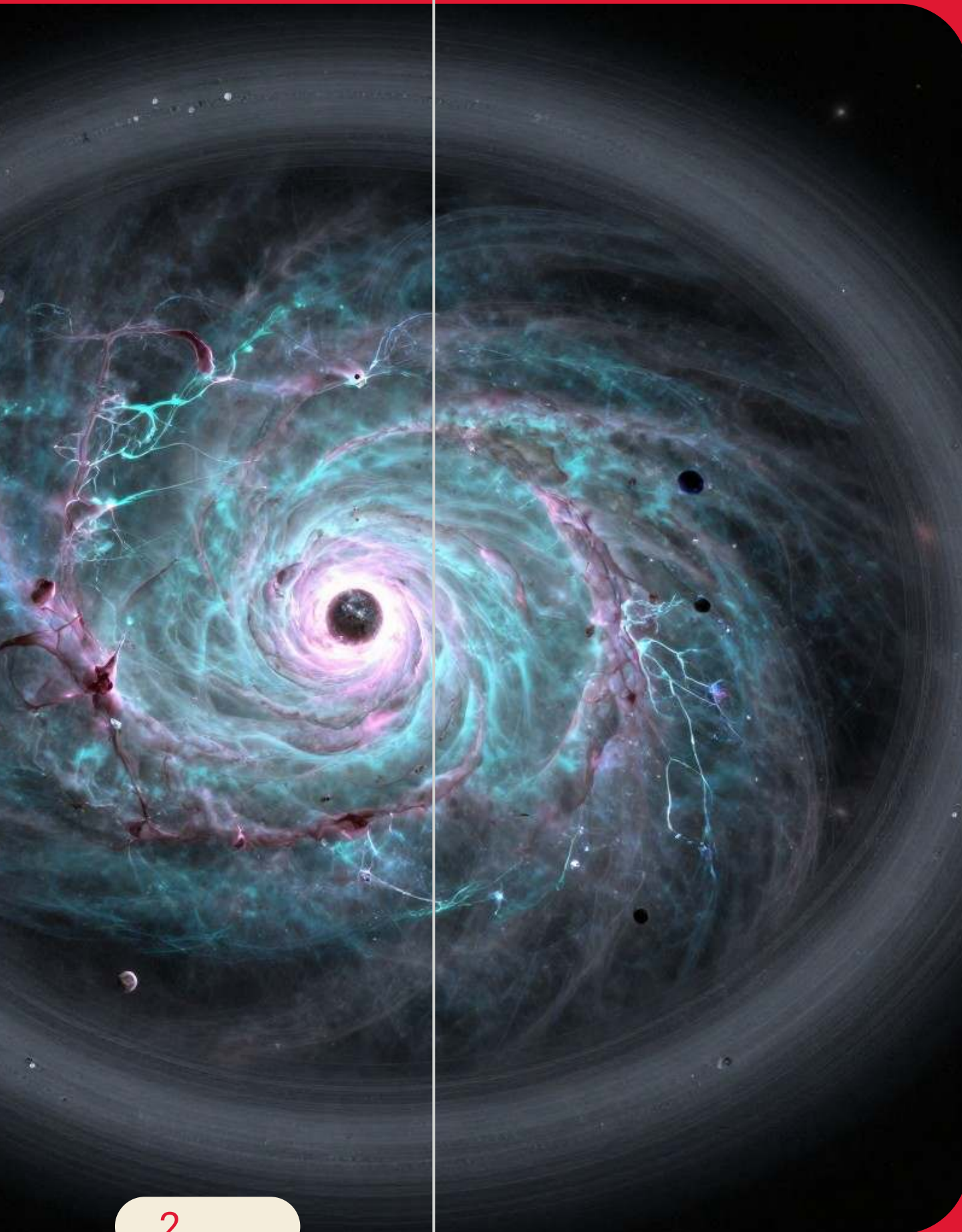




Строение Солнечной системы: состав, масштабы и основные закономерности

От Солнца до облака Оорта: как устроена наша планетная система?



От облака газа к планетной системе

Солнечная система сформировалась из единого газопылевого облака, и это хорошо объясняет сходство орбит, направлений движения и состава большинства тел. Почти вся масса сосредоточена в Солнце, поэтому именно оно задаёт общую динамику системы.

696 000 КМ

— таков радиус Солнца, и оно примерно в 109 раз больше Земли по этому параметру.

Этот масштаб показывает, почему именно Солнце определяет движение планет, поток энергии и границы гелиосферы.

NASA Solar System Exploration; справочные астрономические данные

Планеты земной группы: Меркурий, Венера, Земля и Марс

Каменно-железный состав

Эти планеты состоят главным образом из силикатов и железа, поэтому отличаются высокой плотностью, сравнительно небольшими размерами и наличием твёрдой поверхности, на которой сохраняются следы ударной истории.

Земля как особый случай

Земля выделяется жидкой водой на поверхности, активной тектоникой плит и биосферой, что делает её единственной известной планетой с подтверждённой жизнью.

Меркурий и Венера

Меркурий почти лишён атмосферы и сильно кратерирован, а Венера окружена мощной углекислой атмосферой, создающей экстремальный парниковый эффект и температуру, опасную для большинства известных форм жизни.

Марс и следы воды

Марс имеет разреженную атмосферу, полярные шапки из воды и углекислого газа, а также долины и русла, которые указывают на более влажное прошлое планеты.



Сравнение диаметров планет Солнечной системы

Разница между земными планетами и гигантами настолько велика, что на одной шкале хорошо видны лишь общие пропорции.

Юпитер резко превосходит остальные планеты, а внешние гиганты в целом намного крупнее планет земной группы.

NASA Planetary Fact Sheet; актуальные справочные значения



Основные параметры планет Солнечной системы

Таблица показывает тип планеты, расстояние от Солнца, длительность года и число спутников. Это помогает увидеть связь между удалённостью и орбитальным периодом.

Чем дальше планета от Солнца, тем дольше её год. У внешних планет также значительно больше спутников, чем у внутренних.

NASA Planetary Fact Sheet; справочные данные по спутникам

Планета	Тип	а. е.	Год / спутники
Меркурий	земная	0,39	88 сут. / 0
Венера	земная	0,72	225 сут. / 0
Земля	земная	1,00	365 сут. / 1
Марс	земная	1,52	687 сут. / 2
Юпитер	гигант	5,20	11,86 г. / 95
Сатурн	гигант	9,58	29,5 г. / 145
Уран	гигант	19,2	84 г. / 27
Нептун	гигант	30,1	164,8 г. / 14

Общие признаки планет земной группы

01

Твёрдая основа

У всех четырёх планет есть твёрдая поверхность, сформированная из силикатных пород и железистого вещества. Это делает их более плотными и компактными по сравнению с гигантами.

02

Атмосферы разной мощности

Атмосферы земных планет сравнительно тонкие, но их свойства сильно различаются: от почти полного отсутствия у Меркурия до экстремально плотной оболочки Венеры.

03

Земля как исключение

Земля выделяется сочетанием жидкой воды, активной тектоники плит и биосферы. Эти условия создают устойчивую химическую и климатическую среду, редко встречающуюся в Солнечной системе.

04

Марсианские следы прошлого

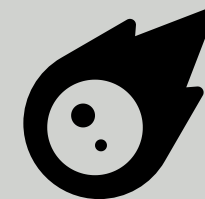
Марс сохраняет признаки более влажной эпохи: высохшие русла, полярные шапки и следы минералов, связанных с водой. Сегодня его атмосфера слишком разрежена для стабильной жидкой воды на поверхности.

Пояс астероидов между Марсом и Юпитером



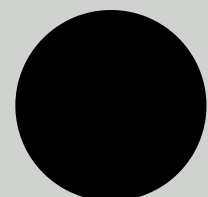
Промежуточная зона

Пояс расположен между орбитами Марса и Юпитера, примерно на расстоянии 2,1–3,3 а. е. от Солнца. Здесь сосредоточено множество тел, которые не смогли объединиться в одну планету.



Разные размеры

В поясе встречаются объекты от пыли до крупных каменных тел. Большинство из них невелики, но суммарно они образуют важную популяцию малых тел Солнечной системы.



Церера

Крупнейший объект пояса — Церера, диаметр которой около 940 км. По современной классификации она относится к карликовым планетам, а не к обычным астероидам.



Роль Юпитера

Сильное гравитационное влияние Юпитера помешало веществу в этой области сформировать полноценную планету. Поэтому пояс астероидов рассматривают как остаток ранней стадии формирования системы.

Как классифицируются объекты Солнечной системы

Схема отражает современный астрономический критерий планеты и место карликовых планет среди малых тел.

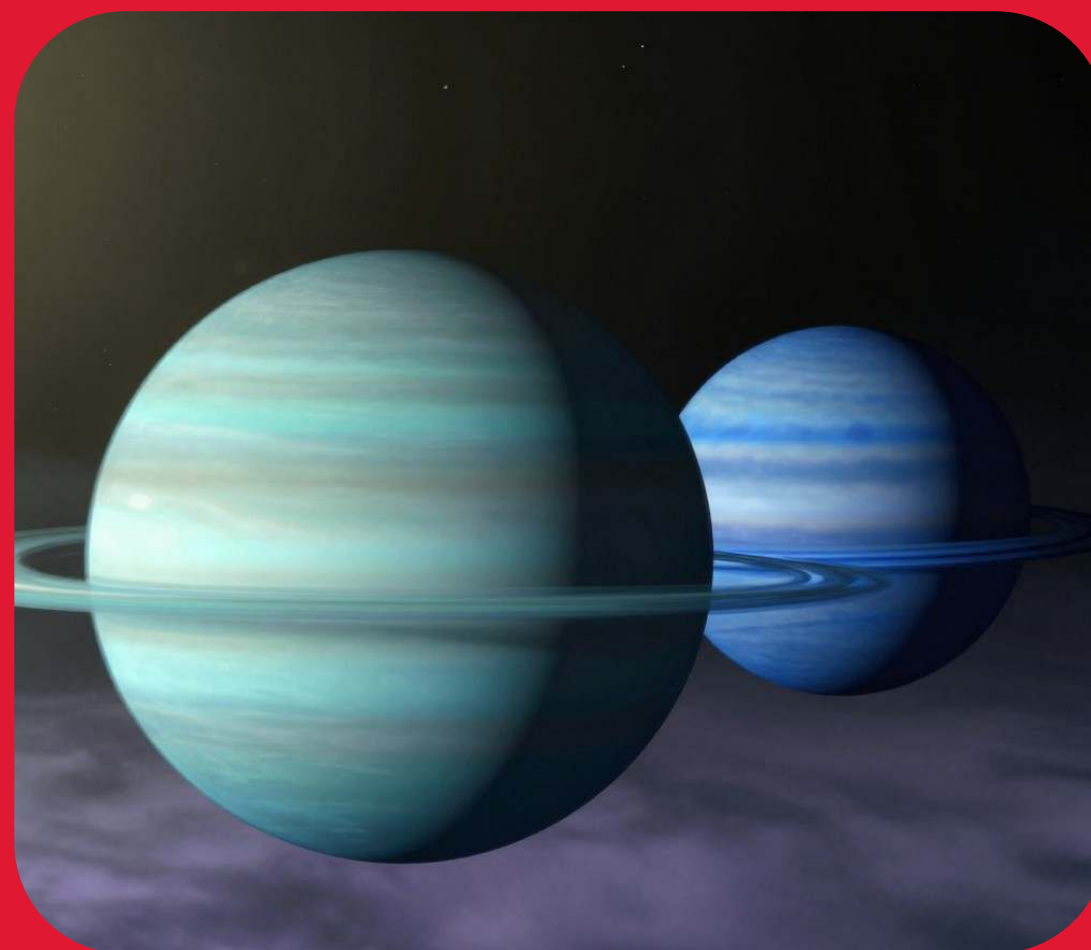


Планеты-гиганты: строение и состав



Юпитер и Сатурн: газовые гиганты

Эти планеты состоят главным образом из водорода и гелия, поэтому их недра и атмосферы существенно отличаются от земных планет. Их полосатые облачные пояса, мощные штормы и яркие кольца особенно хорошо показывают динамику внешней области Солнечной системы.



Уран и Нептун: ледяные гиганты

В составе этих планет заметна доля воды, аммиака и метана в виде льдов и высокоплотных соединений. Из-за метана они выглядят голубоватыми, а их атмосферы остаются холодными, глубокими и очень подвижными.



Большие системы вокруг гигантов

У планет-гигантов много спутников и есть кольца, причём у Сатурна они выражены особенно ярко. Такая структура помогает понять, как вещество вело себя в холодной внешней части Солнечной системы и как формировались её устойчивые орбитальные системы.

Юпитер как крупнейшая планета Солнечной системы

01

Масса и размеры

Юпитер — крупнейшая планета Солнечной системы и самый массивный ее объект после Солнца: его масса примерно в 318 раз превышает земную. Это определяет мощное тяготение и влияние на соседние тела.

02

Атмосфера и вихри

В атмосфере Юпитера заметны чередующиеся пояса и зоны, а также долгоживущий шторм — Большое Красное Пятно. Такие структуры показывают, насколько активны движения газа в его гигантской оболочке.

03

Гравитационное влияние

Сильная гравитация Юпитера существенно меняет орбиты астероидов и комет, а иногда направляет их внутрь Солнечной системы. Поэтому планета играет важную роль в динамике околосолнечного пространства.

04

Спутники-гиганты

Вокруг Юпитера известно более 90 спутников. Среди них выделяются Ио, Европа, Ганимед и Каллисто — крупные миры с разной геологической историей, которые особенно важны для изучения системы планеты.



Спутники и кольца планет-гигантов

У внешних планет не только больше спутников, но и сложнее структуры колец. Их системы отражают богатую историю захвата, столкновений и взаимодействия с протопланетным веществом.

Сатурн лидирует по числу спутников, а различия между планетами подтверждают, что внешняя область Солнечной системы формировалась неодинаково.

Сводные данные NASA Planetary Fact Sheet и справочных материалов по планетам-гигантам; использованы актуальные учебные значения.



Уран и Нептун: особенности ледяных гигантов



Наклон Урана

Уран вращается с чрезвычайно большим наклоном оси — около 98° . Из-за этого его полушария поочередно долго находятся то в освещении, то в тени, что делает смену сезонов необычной.



Ветра Нептуна

Нептун выделяется рекордно сильными ветрами, скорость которых превышает 2000 км/ч. Такие потоки делают его атмосферу одной из самых динамичных среди всех планет Солнечной системы.



Холод и удаленность

Обе планеты получают мало солнечной энергии, поэтому их атмосферы остаются холодными и глубокими. На больших расстояниях от Солнца температура и давление создают условия, отличные от внутренних планет.



Метан и цвет

Примесь метана в атмосферах Урана и Нептуна поглощает часть солнечного света и придает им голубоватый оттенок. Это удобный пример того, как состав атмосферы влияет на внешний вид планеты.

Карликовые планеты и их положение в Солнечной системе

Таблица показывает, где расположены карликовые планеты и чем они отличаются от больших планет по своему статусу и орбитальному окружению.

Карликовые планеты распределены в двух главных зонах: в поясе астероидов и за орбитой Нептуна. Их статус определяется не только формой, но и тем, что они не расчистили орбиту.

Международный астрономический союз (IAU), справочные сведения о карликовых планетах

Объект	Положение	Признак
Церера	Пояс астероидов	Каменный объект
Плутон	За Нептуном	Транснептуновый
Эрида	За Нептуном	Крайний регион
Хаумеа	За Нептуном	Быстрое вращение

Пояс Койпера и облако Оорта как области малых тел

За орбитой Нептуна

После орбиты Нептуна начинается пояс Койпера — область ледяных тел и карликовых планет, где сосредоточены тысячи объектов и многие источники короткопериодических комет.

Далекий резервуар комет

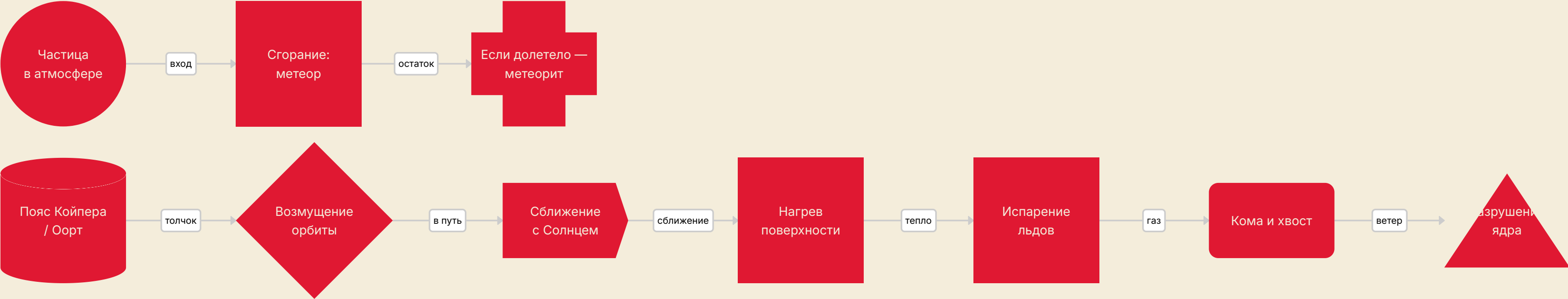
Еще дальше предполагается существование облака Оорта — гигантской сферической области на краю гравитационного влияния Солнца, откуда приходят долгопериодические кометы.

Переход к окраинам системы

Обе области показывают, что Солнечная система не заканчивается Нептуном: ее внешние рубежи населены множеством малых тел, сохранивших древнее вещество ранней эпохи формирования.

Как кометы становятся видимыми и как возникают метеоры

Схема показывает путь ледяного тела к видимой комете и происхождение метеоров при входе частиц в атмосферу Земли.



Орбиты, наклон оси и смена времен года

01

Длина года

Период обращения планеты вокруг Солнца определяет продолжительность года. Чем дальше планета находится от Солнца, тем медленнее она движется по орбите и тем длиннее ее год.

02

Наклон оси

Смена времен года связана прежде всего с наклоном оси вращения. Из-за него разные полушария поочередно получают разное количество солнечной энергии в течение орбитального движения.

03

Земля и Марс

У Земли наклон оси составляет $23,5^\circ$, у Марса — $25,2^\circ$. Поэтому на обеих планетах сезоны выражены заметно, хотя их длительность и контраст различаются.

04

Что важнее для сезонов

Для Земли эллиптичность орбиты невелика, поэтому основную роль в смене сезонов играет не расстояние до Солнца, а именно наклон земной оси к плоскости орбиты.

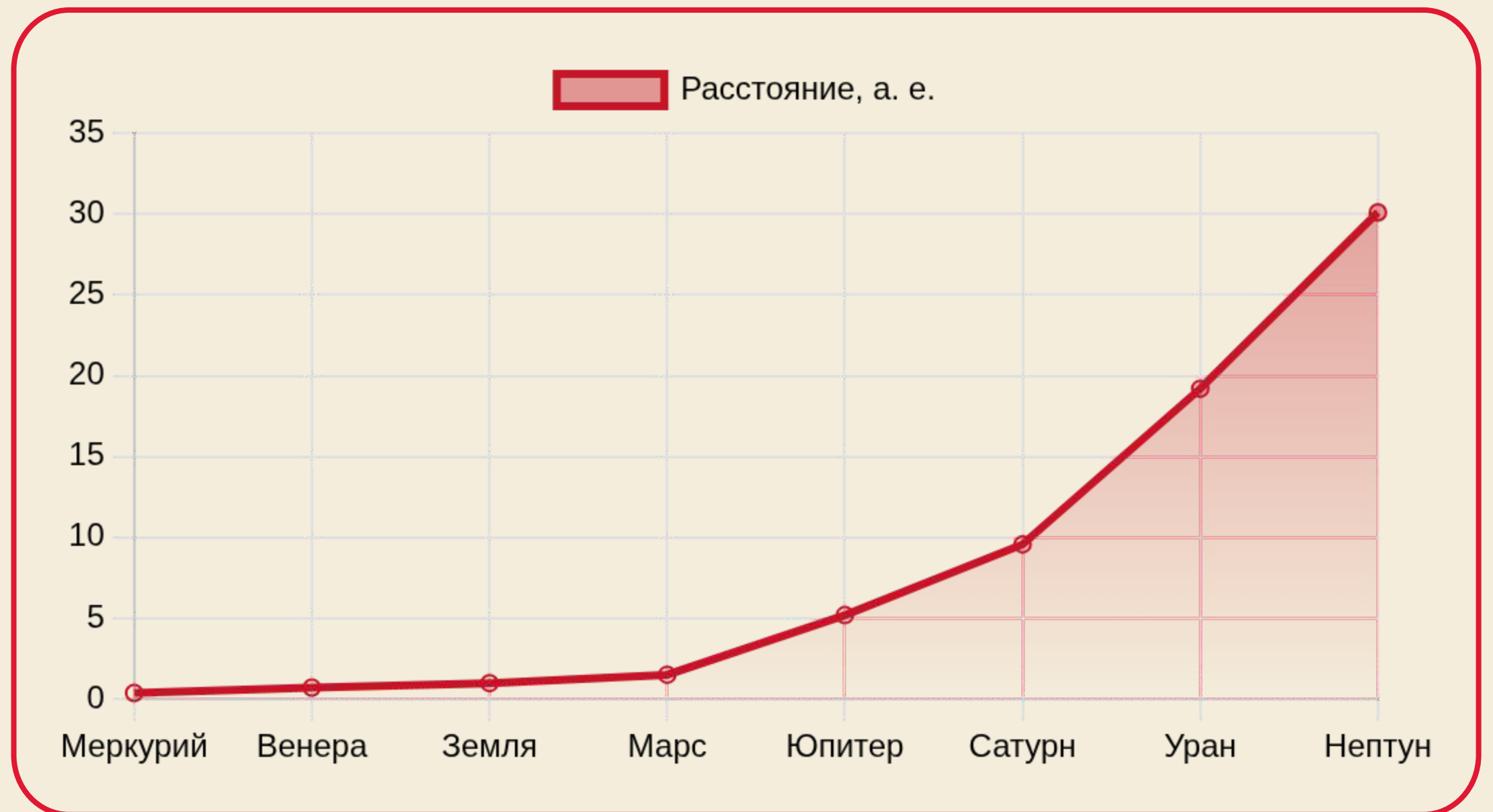


Масштабы расстояний от Солнца

Астрономическая единица удобна для сравнения орбит в Солнечной системе: она позволяет сразу увидеть, насколько резко увеличиваются расстояния от внутренних планет к внешним.

Внешняя область намного протяженнее внутренней: между Марсом и Нептуном лежит огромный промежуток, что объясняет различия в условиях и составе планет.

Справочные данные по средним расстояниям планет от Солнца; астрономические единицы (а.е.).



Современные способы изучения Солнечной системы



Наземные телескопы

Большие телескопы на Земле позволяют наблюдать планеты, астероиды и кометы, измерять их положение, яркость и движение, а также получать изображения с высоким угловым разрешением.



Космические телескопы

Аппараты на орбите работают без помех атмосферы и помогают изучать объекты в видимом, инфракрасном и других диапазонах, что особенно важно для далеких и слабых тел.



Спектроскопия

По спектру можно определить состав атмосфер, льдов и пород, а также температуру и движение вещества. Этот метод дает ключ к пониманию химической эволюции небесных тел.



Автоматические миссии

Зонды Voyager, Cassini, Juno и New Horizons передали уникальные данные о планетах-гигантах, их спутниках, кольцах и магнитных полях, недоступные при обычных наблюдениях с Земли.



Образцы и измерения

Посадочные аппараты, радиолокация и анализ доставленных на Землю образцов позволяют проверять гипотезы о происхождении планет и уточнять историю их поверхности и внутреннего строения.

Солнечная система как упорядоченная иерархия

Солнечная система объединяет центральную звезду, планеты, спутники и многочисленные малые тела в единую гравитационную систему. Ее строение показывает, как из общего протопланетного диска возникло разнообразие миров.