

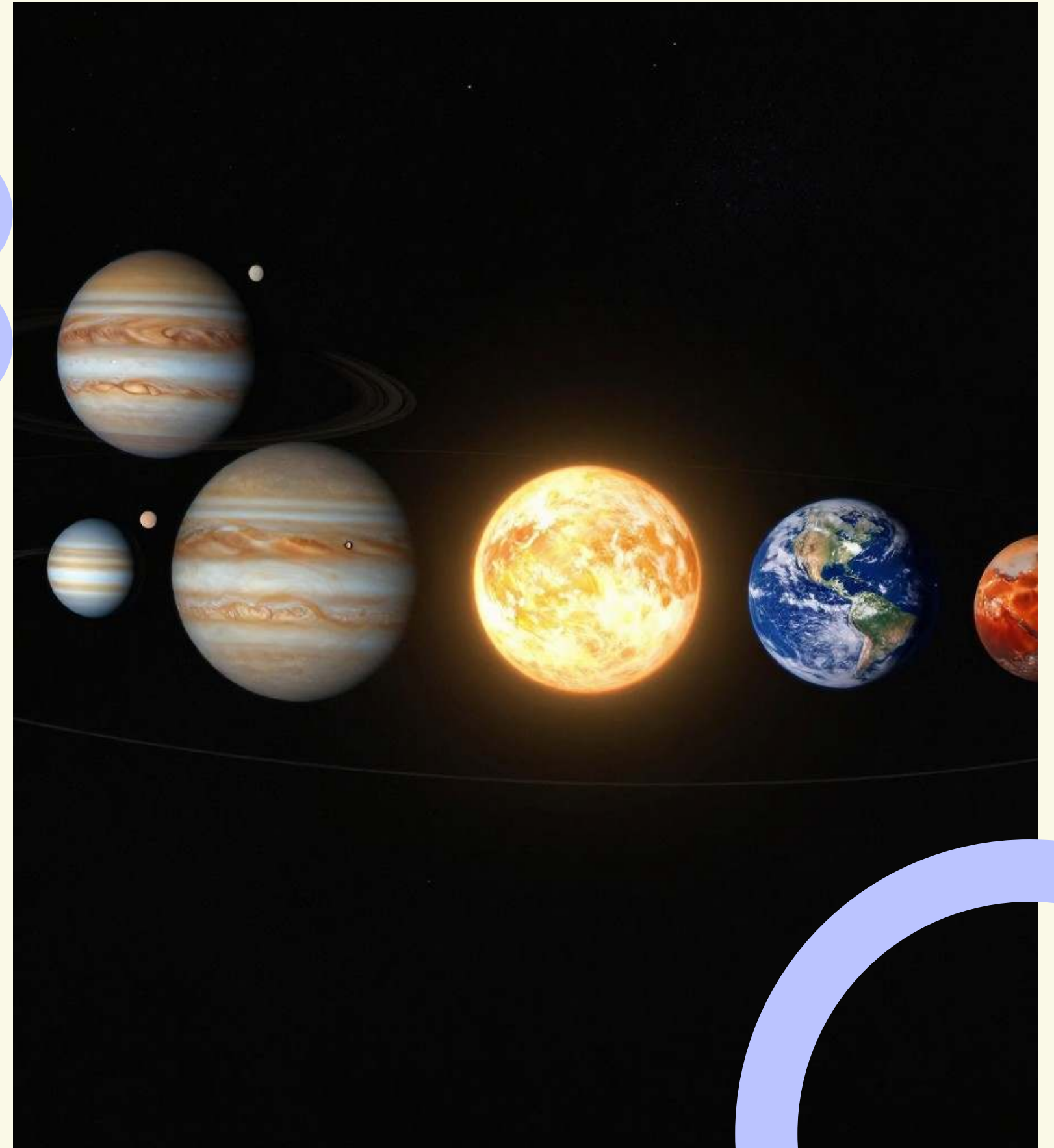
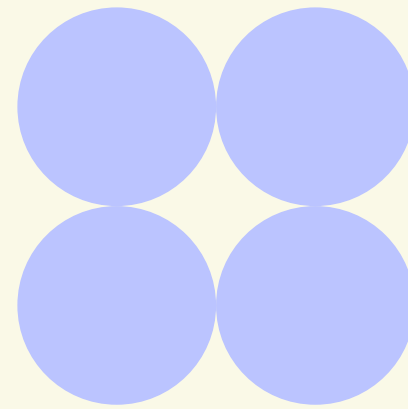
The background of the slide is a grid of circular frames, each containing a different celestial image. These include various views of Jupiter with its characteristic bands, Saturn with its rings, the Earth from space, and the Sun with solar flares. The frames are arranged in a pattern that surrounds a central text box.

# **Солнечная система: комплекс тел с единым происхождением**

Единая структура из Солнца, планет и малых тел,  
сформировавшихся совместно.

# Эволюция представлений о Солнечной системе

Наблюдения за Солнечной системой начинаются в древности. В XVII веке телескоп открыл спутники Юпитера и кольца Сатурна. XXI век расширил знания благодаря обнаружению экзопланет.



# Крупномасштабное строение Солнечной системы

## 1 Внутренние каменные планеты

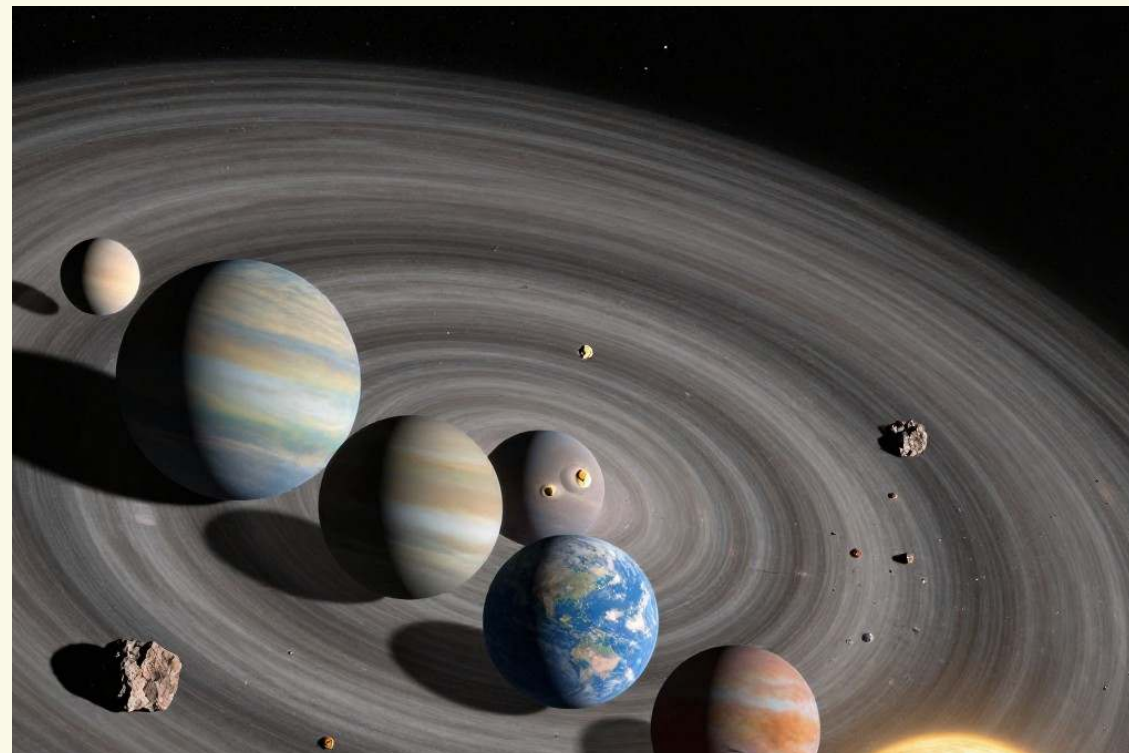
Меркурий, Венера, Земля и Марс — компактные и плотные, они формируют центральную область Солнечной системы с твердой поверхностью.

## 2 Пояс астероидов и внешние гиганты

Пояс астероидов отделяет земные планеты от гигантов Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, обладающих массивными газовыми оболочками.

## 3 Пояс Койпера и облако Оорта

За орбитой Нептуна расположены ледяные тела пояса Койпера, а на периферии — облако Оорта, включающее кометы, уходящие за пределы 100 000 а.е.



# 99,87%

массы всей системы сосредоточено в Солнце,  
обеспечивая гравитационное удержание  
планет и энергию для их развития.

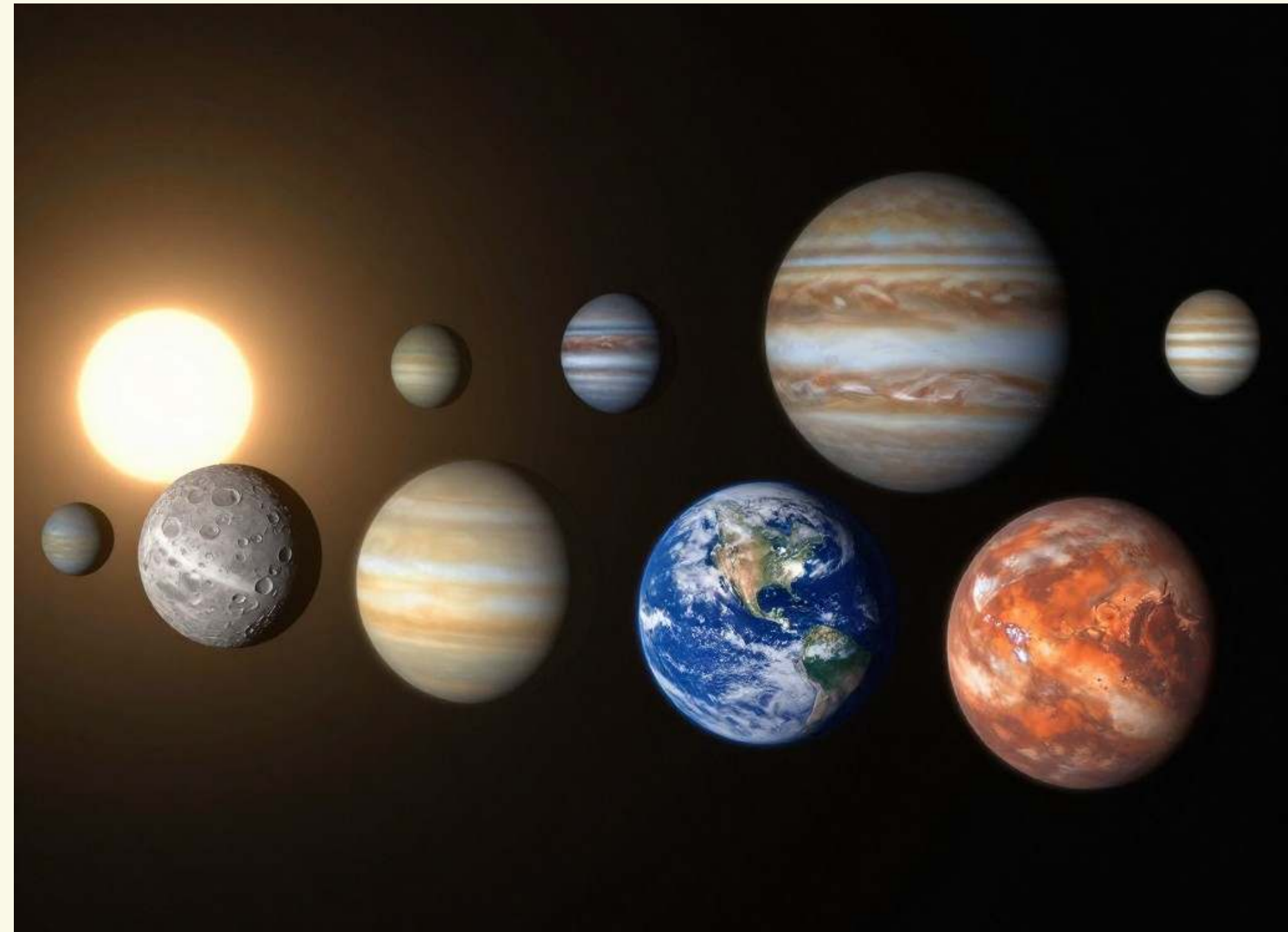
NASA Scientific Data, 2023

Массивность Солнца определяет  
орбиты планет и энергетический  
баланс всей системы, влияя на  
климат и условия жизни.

# Деление планет на две группы

Планеты земной группы — Меркурий, Венера, Земля и Марс — обладают высокой плотностью и твердой корой, с относительно тонкими атмосферными слоями.

Планеты-гиганты, включая Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, характеризуются большими размерами и газовыми оболочками с водородом и гелием, а также многочисленными спутниками.



# Массы и размеры планет по группам

---

Разрыв в массе между планетами земной группы и гигантами показывает разное происхождение и условия формирования.



Планеты-гиганты превосходят земные по массе и размеру, отражая различия в газовой аккреции и составных материалах.

---

NASA Planetary Fact Sheet, 2024

# Малые тела: астероиды, кометы и карликовые планеты



## Пояс астероидов

Содержит тысячи обломков от столкновений, расположенных преимущественно между Марсом и Юпитером.



## Кометы и облако Оорта

Ледяные тела с длиннохвостыми орбитами, хранящие древние вещества ранней Солнечной системы.



## Карликовые планеты

Объекты типа Плутона и Цереры, обладающие достаточно большим размером для округлой формы.

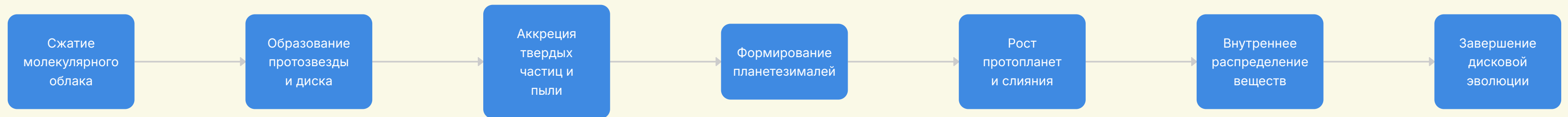


## Пояс Койпера

Расположен за Нептуном, содержит множество ледяных тел и малых планет в холодной внешней зоне.

# Поэтапное формирование Солнечной системы

Модель формирования по современным астрофизическим данным



# Доказательства общего происхождения тел Солнечной системы

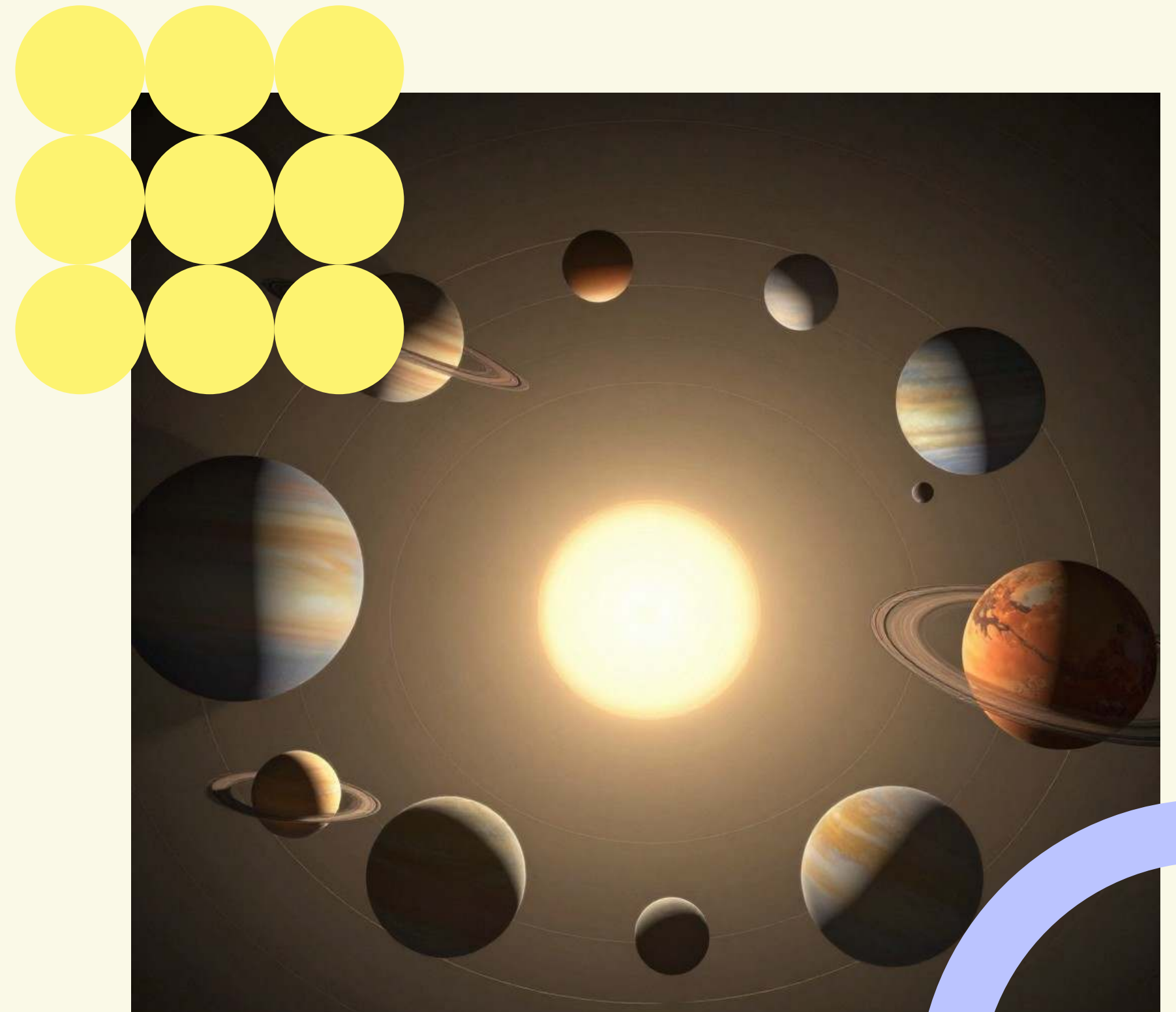
Множество тел имеют сходные изотопные соотношения кислорода и углерода, что указывает на единое происхождение в общем протопланетном облаке.

Большинство крупных объектов вращаются в одной плоскости и направлении, что подтверждает динамическую согласованность системы.

Химический состав малых тел во множестве случаев совпадает, что свидетельствует о формировании из однородного вещества в ранней системе.

# Орбиты: организация и динамика движений

- 1 Планеты движутся по почти круговым орбитам, лежащим в плоскости эклиптики, а их вращение и обращение согласованы по направлению движения.
- 2 Исключения, такие как спутник Тритон, объясняются запоздалыми захватами или столкновениями, влияющими на динамику отдельных тел.



# Значение столкновений и катастроф в истории системы

Гигантский удар между протоземлей и массивным объектом около 4,5 млрд лет назад послужил причиной образования Луны, сформировав одну из ключевых характеристик нашей планетной системы.

Множество астероидов — остатки планетезималей, которые не смогли консолидироваться в полноценные планеты или результат фрагментации крупных тел вследствие столкновений.

Кратерные структуры на Меркурии, Марсе и спутниках крупнейших планет свидетельствуют о многократных бомбардировках в ранней истории Солнечной системы.

Столкновения и катастрофические события способствовали перераспределению материалов и формированию разнообразия в составе и структуре тел системы.

# Поверхности и внутреннее строение планет и спутников

Спутники Юпитера, такие как Ио и Европа, демонстрируют активный вулканизм и ледяные гейзеры, показывая динамическое взаимодействие внутренних и поверхностных процессов.



Поверхности Меркурия и Луны покрыты многочисленными кратерами, отражающими долгую историю метеоритных воздействий и отсутствие атмосферы, способной их сглаживать.



Внутреннее строение тел варьируется от металлического ядра и силикатной мантии у каменных планет до ледяных слоёв у отдалённых спутников, что определяется их массой и расположением.



# Сравнительная таблица: планеты земной группы и гиганты

| Планета  | Радиус (км) | Масса (кг)           | Атмосфера                   | Спутники |
|----------|-------------|----------------------|-----------------------------|----------|
| Меркурий | 2440        | $3.3 \cdot 10^{23}$  | Отсутствует                 | 0        |
| Венера   | 6052        | $4.9 \cdot 10^{24}$  | Плотная CO <sub>2</sub>     | 0        |
| Земля    | 6371        | $5.97 \cdot 10^{24}$ | Азот, кислород              | 1        |
| Марс     | 3390        | $6.4 \cdot 10^{23}$  | Разреженная CO <sub>2</sub> | 2        |
| Юпитер   | 69911       | $1.9 \cdot 10^{27}$  | Водород, гелий              | 79       |
| Сатурн   | 58232       | $5.7 \cdot 10^{26}$  | Водород, гелий              | 83       |
| Уран     | 25362       | $8.7 \cdot 10^{25}$  | Водород, гелий, метан       | 27       |
| Нептун   | 24622       | $1.0 \cdot 10^{26}$  | Водород, гелий, метан       | 14       |

!

Сравнение ключевых параметров земных планет и планет-гигантов выявляет существенные различия в размерах, массе и атмосферных свойствах.

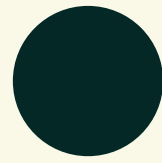
Планеты-гиганты значительно превосходят земные по массе и количеству спутников, что отражает различия их происхождения и эволюции.

Данные NASA

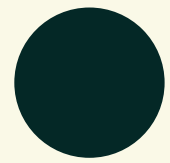
# Исследование метеоритов и их значение



Каменные хондриты содержат первичные компоненты протопланетного вещества, сохраняя информацию о составе солнечного туманности в момент формирования.



Изотопный анализ урана и свинца позволяет точно датировать формирование твёрдых тел примерно 4,56 миллиарда лет назад, устанавливая временную шкалу истории Солнечной системы.



Металлические метеориты представляют собой остатки ядер древних протопланет, раскрывая процессы внутренней дифференциации.



Химический состав метеоритов помогает понимать эволюцию молекулярного облака и начальные условия планетообразования.

# Кометы — реликты ранней истории

Кометы состоят из ледяных материалов с большим содержанием летучих соединений и органических молекул, что указывает на сохранение древних условий формирования системы.



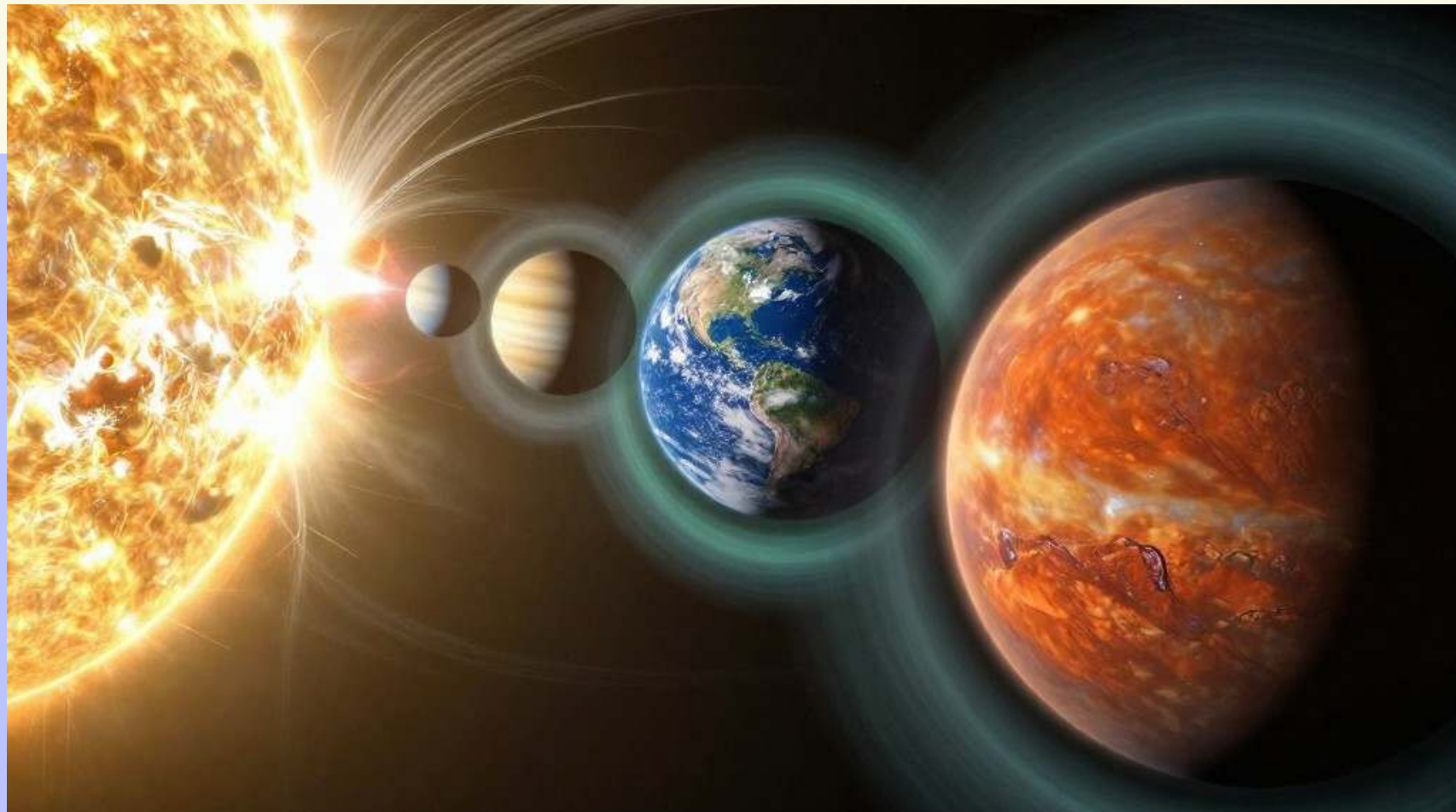
Исследование кометы Чурюмова-Герасименко зондом «Розетта» выявило сложные органические соединения, важные для понимания пребиотического химического пути.



Кометы служат хранилищами материала, оставшегося с этапов формирования и ранней эволюции Солнечной системы, являясь ключевыми объектами для изучения её истоков.



# Влияние солнечной активности на другие тела



## Солнечный ветер и формирование магнетосфер планет

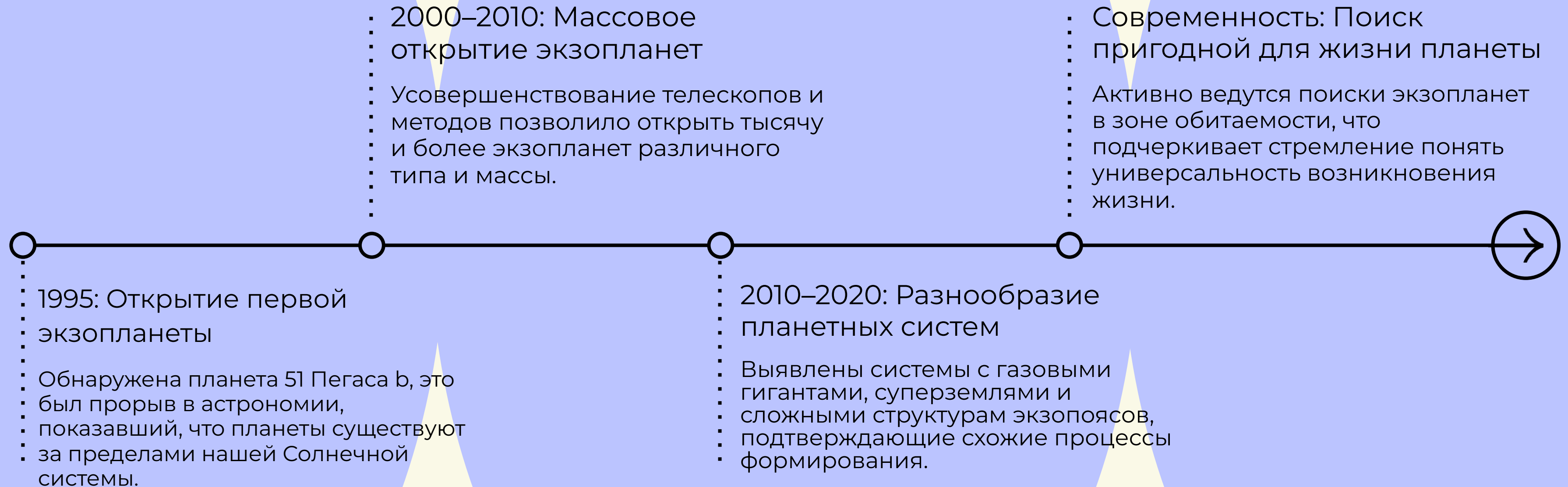
Потоки заряженных частиц от Солнца создают магнитное облако вокруг планет, защищающее их поверхности от космической радиации. На Марсе данный процесс способствует постепенному рассеянию атмосферы, значительно изменяя его климат.



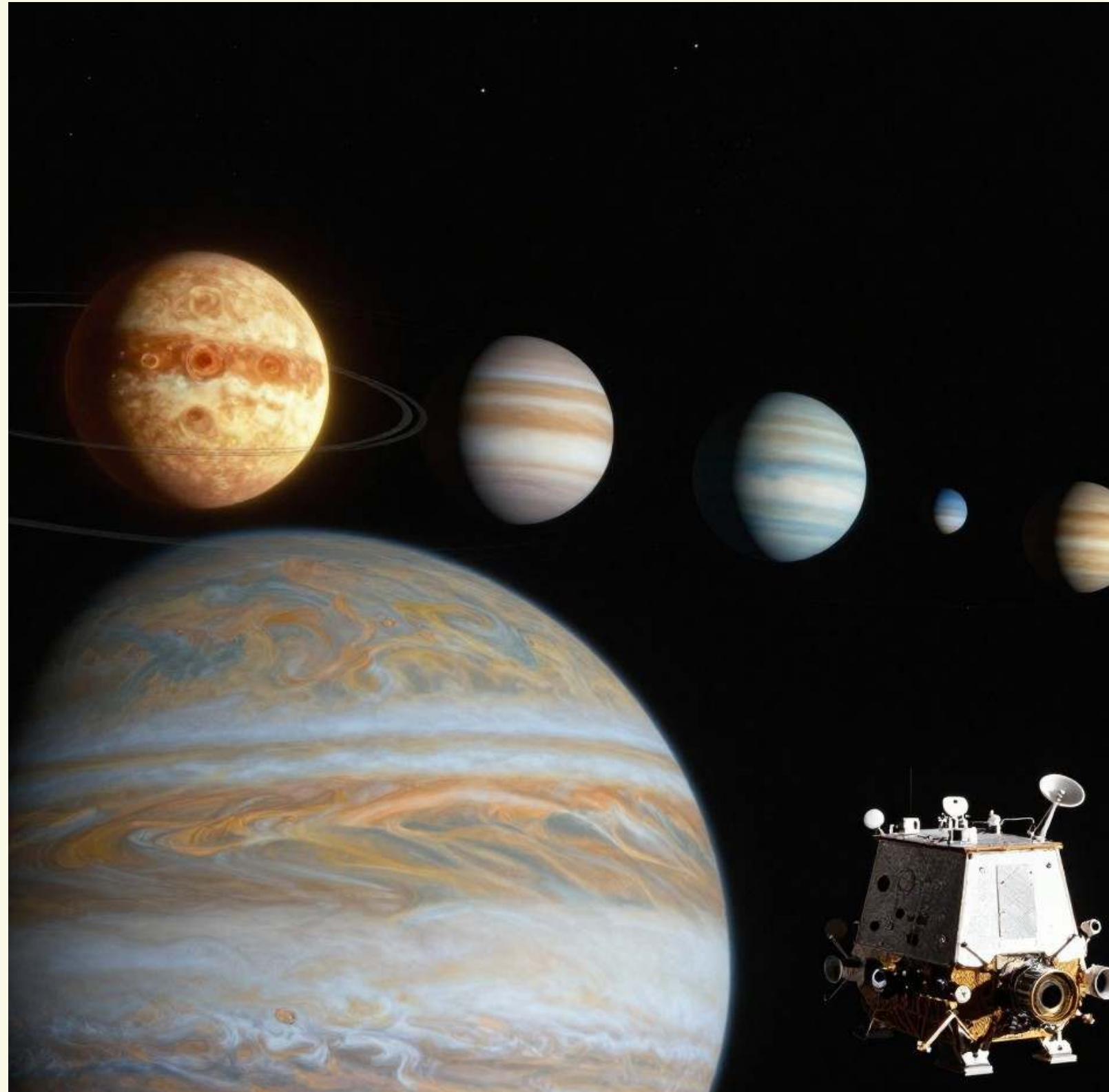
## Влияние вспышек и магнитных бурь на Землю и малые тела

Солнечные вспышки вызывают магнитные бури, которые влияют на радиосвязь и электронику на Земле. Эти возмущения также отражаются на динамике орбит транснептуновых объектов, изменяя их траектории.

# Открытие экзопланет: подтверждение универсальных закономерностей



# Современные методы исследования: спектроскопия, зонды, дистанционный анализ



## Спектроскопия и определение состава

Спектроскопические методы позволяют анализировать состав поверхностей и атмосфер планет, выявляя молекулярные и атомные особенности разнообразных тел Солнечной системы.



## Космические аппараты и радиолокация

Космические зонды, такие как «Вояджер», «New Horizons» и «Розетта», предоставляют подробные снимки и данные, а радиолокация помогает создавать карты рельефа и структуры тел.



# Научное значение комплексного изучения Солнечной системы

Изучение Солнечной системы служит основой для развития космохимии, позволяя исследовать происхождение и распределение химических элементов во Вселенной.

Комплексные данные способствуют развитию астробиологии, создавая предпосылки для поиска жизни вне Земли и понимания условий её возникновения.

Планетология получает богатый материал для тестирования моделей формирования и эволюции планетных систем различных типов.

Многообразие объектов и их взаимосвязь позволяют строить универсальные теории и применять их к изучению других звездных систем в Галактике.



# **Солнечная система: обзор ключевых выводов и взгляд в будущее**

Общее происхождение тел системы подтверждено множеством данных, а продолжающиеся исследования раскрывают новые аспекты её динамики и состава, расширяя перспективы в понимании космоса и жизни.

