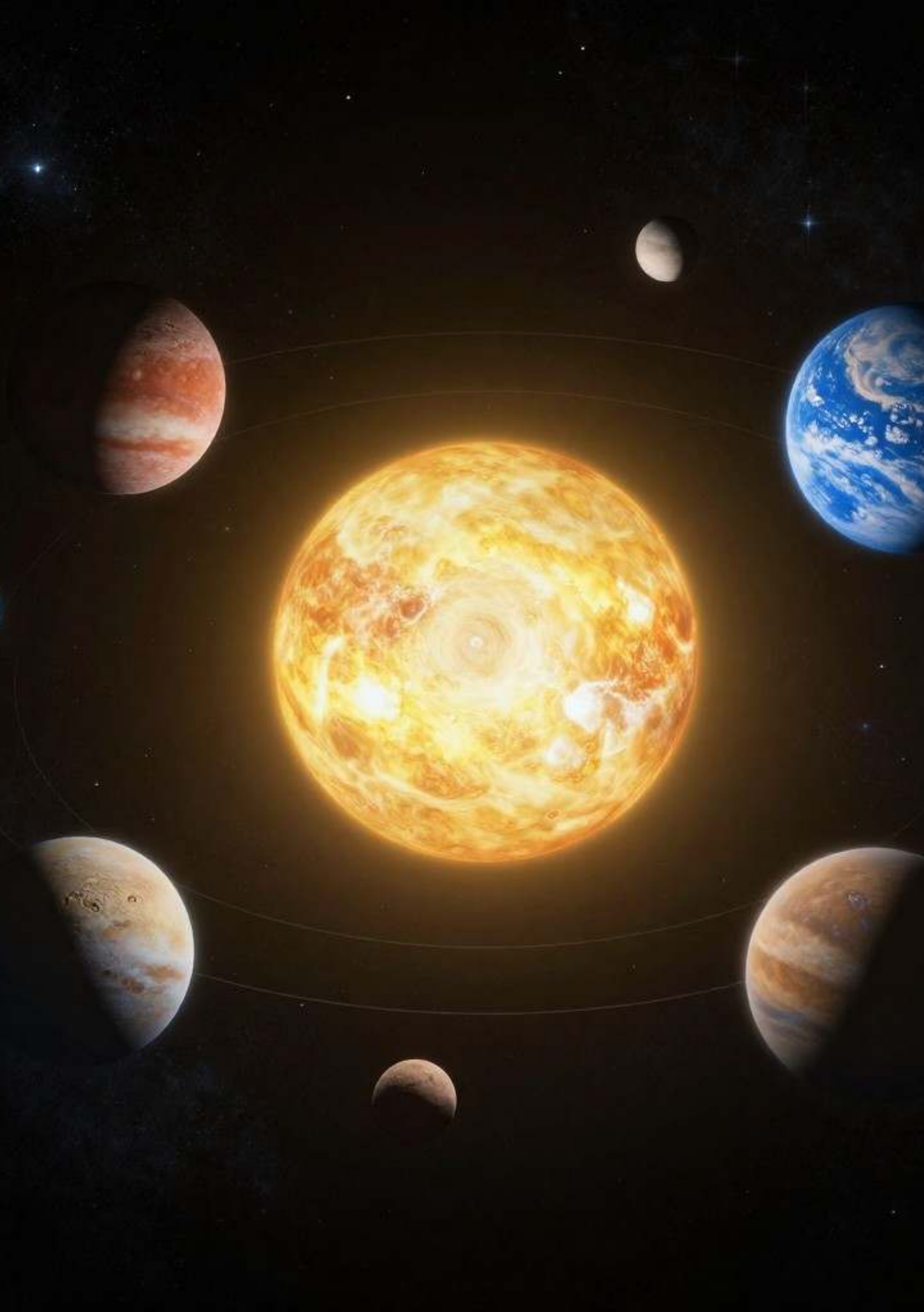




# + Обзор: движение небесных тел под действием силы тяготения

Гравитация формирует движение и структуру Вселенной, объединяя все небесные тела.

# История изучения движения небесных тел



Наблюдения древних цивилизаций о Солнце и планетах привели к моделям мира, сменившимся от геоцентризма Птолемея к гелиоцентризму Коперника, с важными закономерностями Кеплера и Ньютона.

# Основные типы небесных тел и их свойства

01.

Планеты — крупные тела, вращающиеся вокруг звёзд по определённым орбитам, характеризующиеся значительной массой и стабильными траекториями.

02.

Звёзды — огромные термоядерные светила с массой и излучением, формирующие энергию для планетарных систем своим гравитационным притяжением.

03.

Кометы и астероиды — маломассивные объекты с неправильными орбитами, часто с высокоэксцентричными путями и кратковременным видимым проявлением.

04.

Искусственные спутники — созданные человеком объекты, используемые для связи и наблюдений, движущиеся по точным орбитам вокруг Земли.

# Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира

Геоцентрическая модель Птолемея ставила Землю в центр вселенной, объясняя движения планет сложными круговыми эпициклами.

Гелиоцентризм Коперника разместил Солнце в центре, предложив более простые орбитальные модели с близкими к круговым траекториями планет.



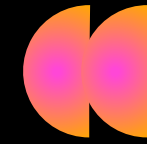
# Законы движения планет Кеплера: история открытия



Иоганн Кеплер, изучая точные наблюдения Тихо Браге, сформулировал три закона, описывающие орбитальное движение планет вокруг Солнца.



Первый закон определил траекторию как эллипс с Солнцем в одном из фокусов, что опровергло представление о круговых орбитах.



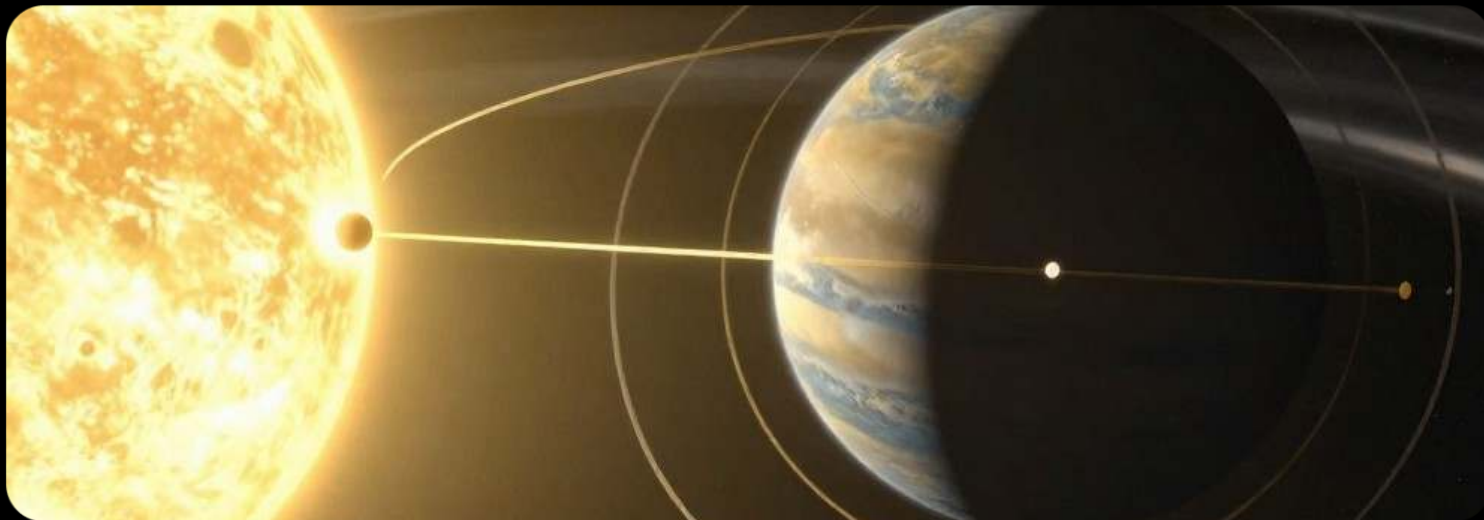
Второй и третий законы объяснили изменение скорости планет и связь между периодом обращения и размерами орбиты.

# Суть трёх законов Кеплера и примеры



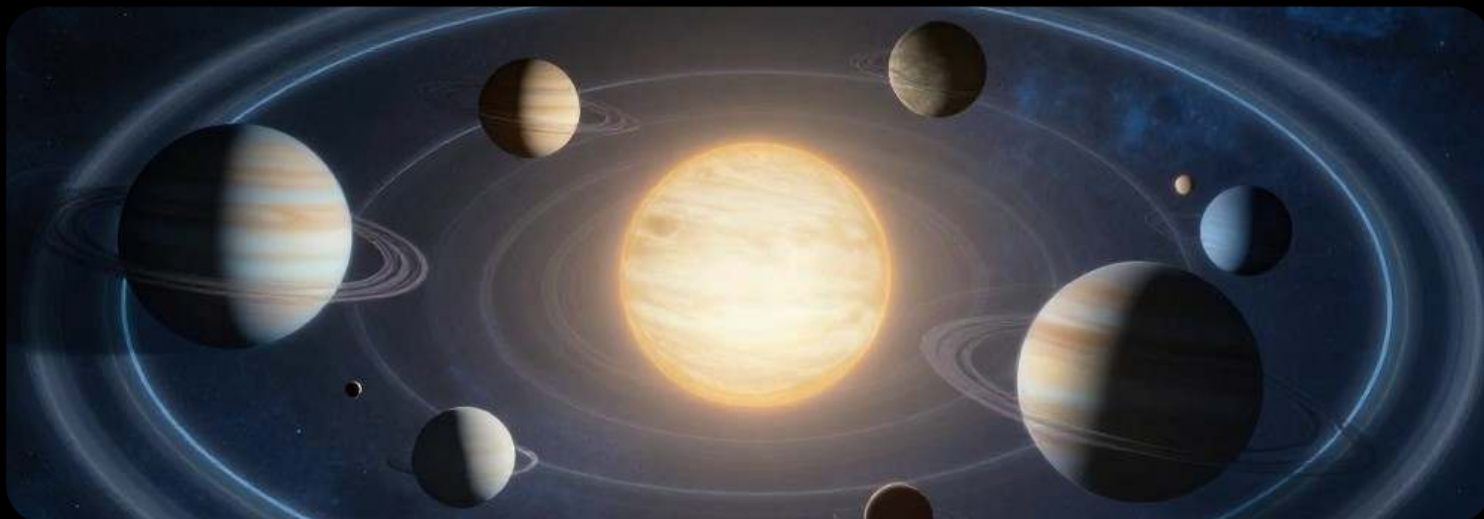
## Эллиптические орбиты планет

Первый закон Кеплера гласит, что планеты движутся по эллиптическим орбитам. Например, орбита Земли немного вытянута, с Солнцем в одном из фокусов, что влияет на скорость движения планеты.



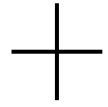
## Равные площади за равные времена

Второй закон описывает, что радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади. Это объясняет, почему планеты движутся быстрее, приближаясь к Солнцу.



## Соотношение периода и большой полуоси

Третий закон связывает квадрат периода обращения планеты с кубом её большой полуоси орбиты. Так, планеты, удалённые от Солнца, совершают оборот медленнее.



Этот закон объяснил, как масса и расстояние влияют на гравитационное притяжение, формируя движение планет и тел.

# 1687

---

год, когда Исаак Ньютон впервые опубликовал закон всемирного тяготения.

«Математические начала натуральной философии», Исаак Ньютон, 1687

# Зависимость силы тяготения от расстояния

- Сила падает с увеличением расстояния по закону обратных квадратов, что критично для орбитальных взаимодействий.
- График подтверждает, что гравитационное притяжение резко ослабевает при увеличении дистанции между телами.

---

NASA, 2023

# Влияние массы и расстояния на гравитацию



- Рост масс взаимодействующих тел значительно усиливает гравитационное притяжение, что проявляется в системе Земля-Солнце сильнее, чем Земля-Луна.

- При одинаковой массе тел удвоение расстояния приводит к уменьшению силы притяжения в четыре раза, согласно закону обратных квадратов.

- Таким образом, как масса, так и расстояние играют ключевую роль в характеристиках и устойчивости небесных орбит.

# Расчёты орбитальных скоростей спутников

- **Первая и вторая космические скорости**

Первая космическая скорость для Земли составляет примерно 7,9 км/с, необходимая для выхода на устойчивую орбиту. Вторая космическая скорость — около 11,2 км/с — обеспечивает преодоление гравитационного поля Земли.



- **Примеры и сравнительный анализ**

МКС движется со скоростью близкой к первой космической скорости, а спутники связи зачастую имеют более высокие орбиты и меньшие скорости, что влияет на их предназначение и параметры движения.

# Типы орбит движения спутников

01.

Искусственные спутники вращаются по двум основным типам орбит: круговым и эллиптическим, что определяет их траектории и функциональное назначение в космической деятельности.

02.

Круговые орбиты характеризуются постоянной высотой и скоростью движения, что обеспечивает стабильную связь и точную навигацию для систем GPS и спутников связи.

03.

Эллиптические орбиты имеют переменную высоту, что позволяет изменять дистанцию до Земли; они востребованы для научных исследований и наблюдений метеорологических явлений.

# Параметры орбит нескольких спутников Земли

| Спутник | Высота (км) | Период (ч) | Эксцентриситет |
|---------|-------------|------------|----------------|
| МКС     | 408         | 1,5        | 0,00016        |
| GPS     | 20180       | 12         | 0,01           |
| Молния  | 400-40000   | 12         | 0,74           |

Таблица отображает основные орбитальные характеристики трёх известных спутников: Международная космическая станция (МКС), спутники системы GPS и «Молния» с их высотой, периодом обращения и эксцентриситетом.

Различия в параметрах орбит связаны с назначением спутников и влиянием гравитации Земли, что определяет особенности их работы и применения.

NASA, Федеральное космическое агентство

# Гравитационные взаимодействия между планетами и спутниками



- **Гравитационный резонанс в Солнечной системе**

Гравитация вызывает устойчивые возмущения орбит, как резонанс между Юпитером и астероидами. Эти резонансы поддерживают упорядоченность и стабильность системы, влияя на распределение астероидного пояса.



- **Приливные силы Земли и Луны**

Гравитационное взаимодействие провоцирует приливные эффекты, замедляя вращение Луны и отдаляя её от Земли приблизительно на 3,8 см в год. Это явление оказывает долгосрочное влияние на динамику обоих тел.



- **Влияние гравитации на орбитальную стабильность**

Гравитационные силы сохраняют устойчивость орбит планет и их спутников, одновременно вызывая небольшие возмущения, которые со временем формируют сложные динамические процессы в планетарных системах.

# Движение комет и астероидов под действием гравитации



Основной фактор, влияющий на траектории комет и астероидов, — гравитационное притяжение Солнца, определяющее их орбитальные пути и периоды обращения.



Комета Галлея с вытянутой орбитой и периодом в 76 лет демонстрирует, как динамическое воздействие крупных планет способно менять траектории таких объектов.



Астероиды делятся на несколько групп, включая объекты главного пояса, околоземные астероиды и троянцы Юпитера, каждая из которых обладает специфическими орбитальными характеристиками.

# Орбитальные скорости планет Солнечной системы

- Скорость планет уменьшается по мере увеличения расстояния до Солнца, что подчеркивает влияние центрального тела на динамику движения на орбитах.

- Данные подтверждают законы Кеплера и Ньютона, демонстрируя закономерное снижение орбитальных скоростей при росте орбитального радиуса.

# Экспериментальные подтверждения тяготения



## Свободное падение в опытах Галилея

Галилей впервые систематически наблюдал свободное падение тел, экспериментально доказав одинаковое ускорение объектов разных масс, что стало базой для принципов тяготения.



## Наблюдения спутников Юпитера Галилео Галилеем

Изучая спутники Юпитера, Галилей обнаружил системы, имитирующие солнечную систему, что подкрепило гелиоцентрическую модель и расширило понимание движений небесных тел.



## Современные спутниковые наблюдения

Системы спутников и лазерных измерений позволяют с высокой точностью отслеживать орбитальные движения, подтверждая теоретические расчёты и законы Ньютона в практических условиях.

# Ограничения закона Ньютона и ситуации их проявления



- Закон Ньютона прекрасно описывает гравитацию при низких скоростях и относительно небольших массах, применимых к большинству наблюдаемых в космосе объектов.

- Вблизи массивных объектов и при скоростях, близких к световым, требуется общая теория относительности, поскольку там проявляется искривление пространства-времени.

- Подтверждение этих эффектов — отклонение света звезд, зафиксированное при солнечном затмении в 1919 году, что явилось важным экспериментальным доказательством теории.

# Общая теория относительности Эйнштейна и её влияние на астрономию



01.

## Понятие кривизны пространства-времени

В 1915 году Эйнштейн предложил, что гравитация возникает из-за искривления пространства-времени вокруг массивных тел. Это кардинально изменило понимание взаимодействий в космосе.

02.

## Астрофизические подтверждения теории

Подтверждения включают явления гравитационных линз, замедление течения времени возле массивных объектов и прецессию перигелия Меркурия, что расширило астрономические модели.

# Гравитация в современной науке и технологиях



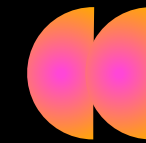
Законы гравитации лежат в основе работы системы GPS, обеспечивая точное позиционирование и навигацию по всему миру.



Расчёты орбит космических аппаратов позволяют успешно запускать и контролировать миссии, обеспечивая их стабильное функционирование и достижение целей.



Гравитация играет ключевую роль в астрофизике, позволяя анализировать структуру галактик и обнаруживать экзопланеты за пределами Солнечной системы.



Моделирование взаимодействий в двойных звездных системах дает важную информацию о процессе эволюции звезд и динамике космических объектов.

# Заключение: фундаментальная роль гравитации в космосе и технологиях



Гравитация является основой движения и структуры Вселенной, без полного понимания которой невозможно освоение космического пространства и дальнейшее технологическое развитие человечества.