



+ Движение небесных тел: ключевые аспекты и значение

Движение небесных тел — основа понимания строения и развития Вселенной.

Исторический путь познания движения небесных тел



Начав с геоцентрической модели Птолемея, наука прошла через революцию Коперника, подтверждение Галилея и законы Ньютона. Это открытие стало фундаментом для физики и навигации.

Понятие и виды небесных тел

01.

Небесные тела включают планеты и карликовые планеты, характеризующиеся массой, размерами и орбитальными особенностями.

02.

Звёзды представляют собой гигантские светила с различными спектрами и химсоставом, создающие основу галактик.

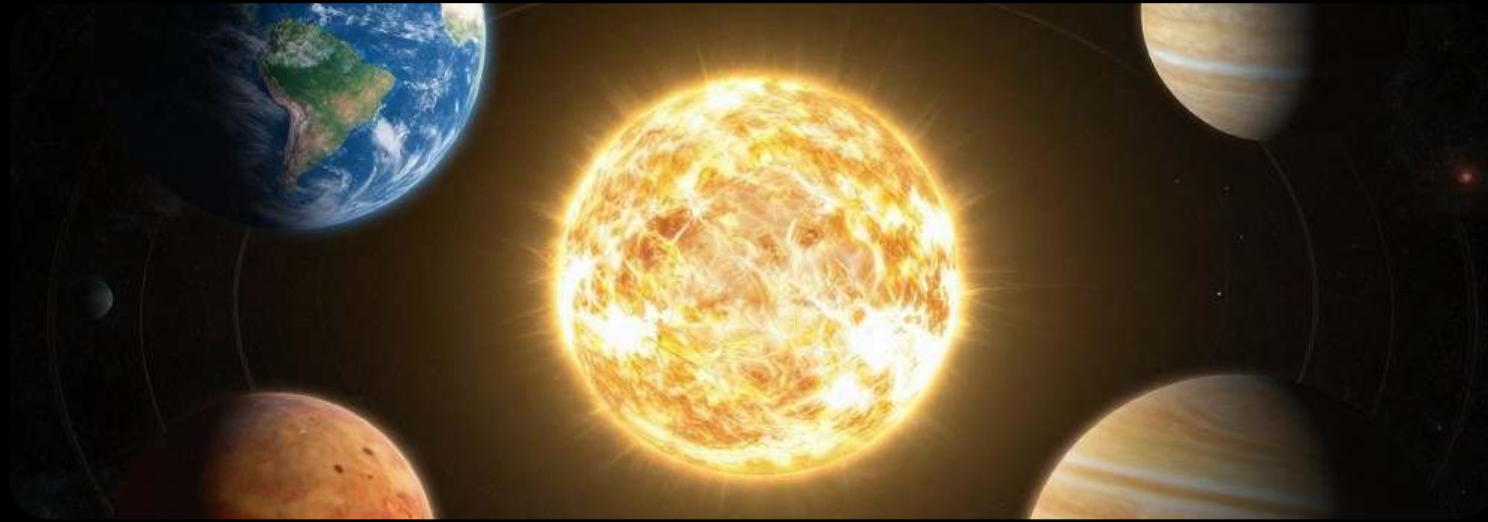
03.

Спутники — естественные или искусственные объекты, вращающиеся вокруг планет, выполняющие важные функции наблюдения и коммуникации.

04.

Малые тела, такие как астероиды, кометы и метеориты, имеют разнообразные орбиты и состав и влияют на динамику Солнечной системы.

Основные типы движения небесных тел



Орбитальное движение

Большинство тел движутся по орбитам вокруг более массивных объектов, например, планеты вокруг Солнца, благодаря гравитационной силе.



Собственное вращение

Небесные тела вращаются вокруг своей оси, что вызывает смену дня и ночи, как у Земли, или влияет на климат и магнитное поле.



Поступательное и хаотичное движение

Звёзды и кометы могут смещаться с большими скоростями, меняя положение в галактиках, под воздействием различных сил и столкновений.

Характеристики орбитального движения



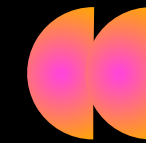
Орбита — это гравитационно обусловленная траектория движения тела в пространстве, определяющая форму и стабильность движения.



Основные параметры: большая полуось определяет размер орбиты, эксцентриситет — её форму, от круга до вытянутого эллипса.



Период обращения характеризует время, за которое тело совершает полный оборот вокруг центра притяжения.



Виды орбит варьируются: круговые для планет, эллиптические для многих комет, а также параболические и гиперболические для тел, уходящих из системы.

Анализ орбитальных параметров планет Солнечной системы



Большая полуось отражает среднее расстояние планеты от Солнца,

- эксцентриситет влияет на изменчивость расстояния в течение орбиты.

Орбиты большинства планет близки к круговым, с заметным отклонением у

- Меркурия, что влияет на климатические особенности.

Данные NASA, 2023

Законы Кеплера движения планет



Первый закон: планеты движутся по эллиптическим орбитам, с Солнцем в одном из фокусов, отражая природу гравитационных связей.



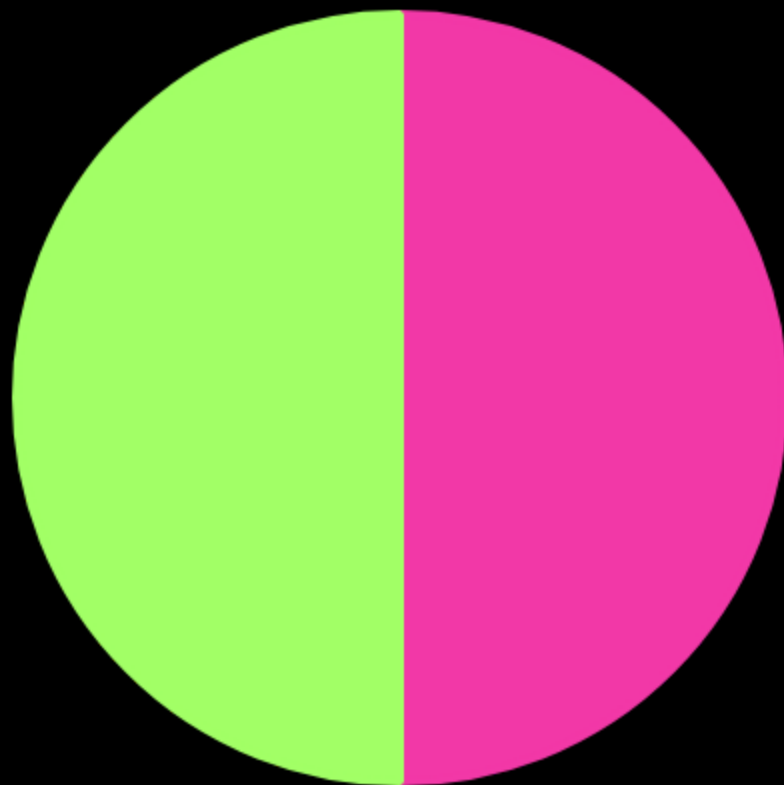
Второй закон: радиус-вектор планеты описывает равные площади за равные промежутки времени, показывая переменную скорость движения.



Третий закон связывает период обращения с размером орбиты: квадрат периода пропорционален кубу большой полуоси, позволяя рассчитывать динамику движения.

Визуализация второго закона Кеплера

■ Площадь сектора у перигелия
■ Площадь сектора у афелия



Несмотря на изменяющуюся скорость,

- площадь сектора, описываемого радиус-вектором, остаётся неизменной.

Это доказывает гармонию движения:

- скорость увеличивается вблизи Солнца и уменьшается на удалении, сохраняя площадь.

Астрономические наблюдения, 2023

Гравитация: закон всемирного тяготения Ньютона

- Закон Ньютона описывает взаимное притяжение тел через силу, пропорциональную произведению масс и обратно пропорциональную квадрату расстояния.

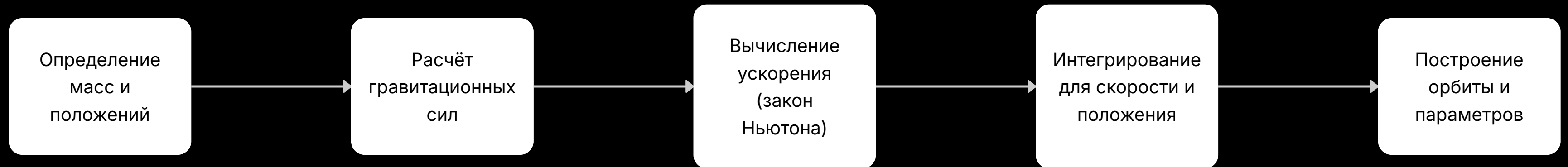
- Эта сила удерживает планеты на орбитах, заставляя их двигаться по предсказуемым траекториям вокруг Солнца и других планет.

- Понимание гравитации стало краеугольным камнем современной астрономии и позволило создавать точные модели движения тел во Вселенной.



Этапы вычисления траектории планеты

Последовательность шагов вычисления орбиты на основе физических законов



Влияние различных сил на движение тел

01.

Гравитационное притяжение является основным фактором, определяющим траектории движения планет, спутников и других небесных тел в космосе, обеспечивая целостность их орбитальных систем.

02.

Радиационное давление солнечного света существенно влияет на хвосты комет, вызывая отток пыли и газа, что меняет их внешний вид и динамику движения вблизи Солнца.

03.

Приливные силы, возникающие из-за взаимного притяжения Земли и Луны, вызывают приливы и отливы океанов, а также влияют на орбиту и вращение спутников, создавая постепенные изменения их движений.

04.

Атмосферное сопротивление снижает скорость низколетящих спутников, вызывая постепенное снижение орбиты и необходимость коррекции движений с помощью двигателей.

Характеристики движения планет: сравнительная таблица

Планета	Период (лет)	Расстояние (а.е.)	Эксцентриситет
Меркурий	0,24	0,39	0,206
Венера	0,62	0,72	0,007
Земля	1,00	1,00	0,017
Марс	1,88	1,52	0,093

Данные по основным параметрам движения планет Солнечной системы — орбитальный период, среднее расстояние от Солнца и эксцентриситет орбиты. Отмечается рост периода обращения при увеличении расстояния.

Период обращения планет увеличивается с удалением от Солнца, орбиты большинства планет близки к круговым, за исключением Меркурия с наибольшим эксцентриситетом.

Данные NASA

Движение спутников и искусственных аппаратов

01.

Орбитальное движение спутников основано на равновесии между гравитационным притяжением Земли и центробежной силой, возникающей при движении по орбите, что обеспечивает их стабильность в космосе.

02.

Международная космическая станция движется по низкой орбите на высоте около 400 км с периодом обращения около 92 минут, что требует постоянных корректировок для поддержания траектории.

03.

Геостационарные спутники связи размещаются на высоте около 35 786 км, вращаясь с периодом, совпадающим с периодом вращения Земли, что обеспечивает постоянное положение относительно поверхности.

Кеплеровские и возмущённые орбиты: реальность космоса



- **Идеальные Кеплеровские орбиты**

Модель Кеплера описывает движение небесных тел по эллиптической орбите без внешних влияний, где тела движутся под действием только двух масс — например, планеты и Солнца. Этот идеал используется для основных расчетов движения.



- **Возмущения в реальных орбитах**

На практике орбиты подвергаются возмущениям из-за неоднородности распределения массы планет, влияния Луны, атмосферного сопротивления и гравитационного воздействия других тел, что приводит к изменению формы и параметров орбиты в течение времени.

Орбитальное движение звёзд в галактиках



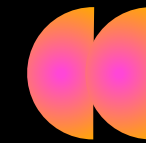
Звёзды движутся по разнообразным орбитам вокруг центра галактики, часто с большими скоростями и изменчивыми формами траекторий, зависящими от гравитационного поля и взаимодействия с другими объектами.



Измерения скоростей вращения галактик показывают, что звёзды движутся быстрее, чем предсказывает видимая масса, что указывает на существование тёмной материи, накапливающейся в галактических гало.

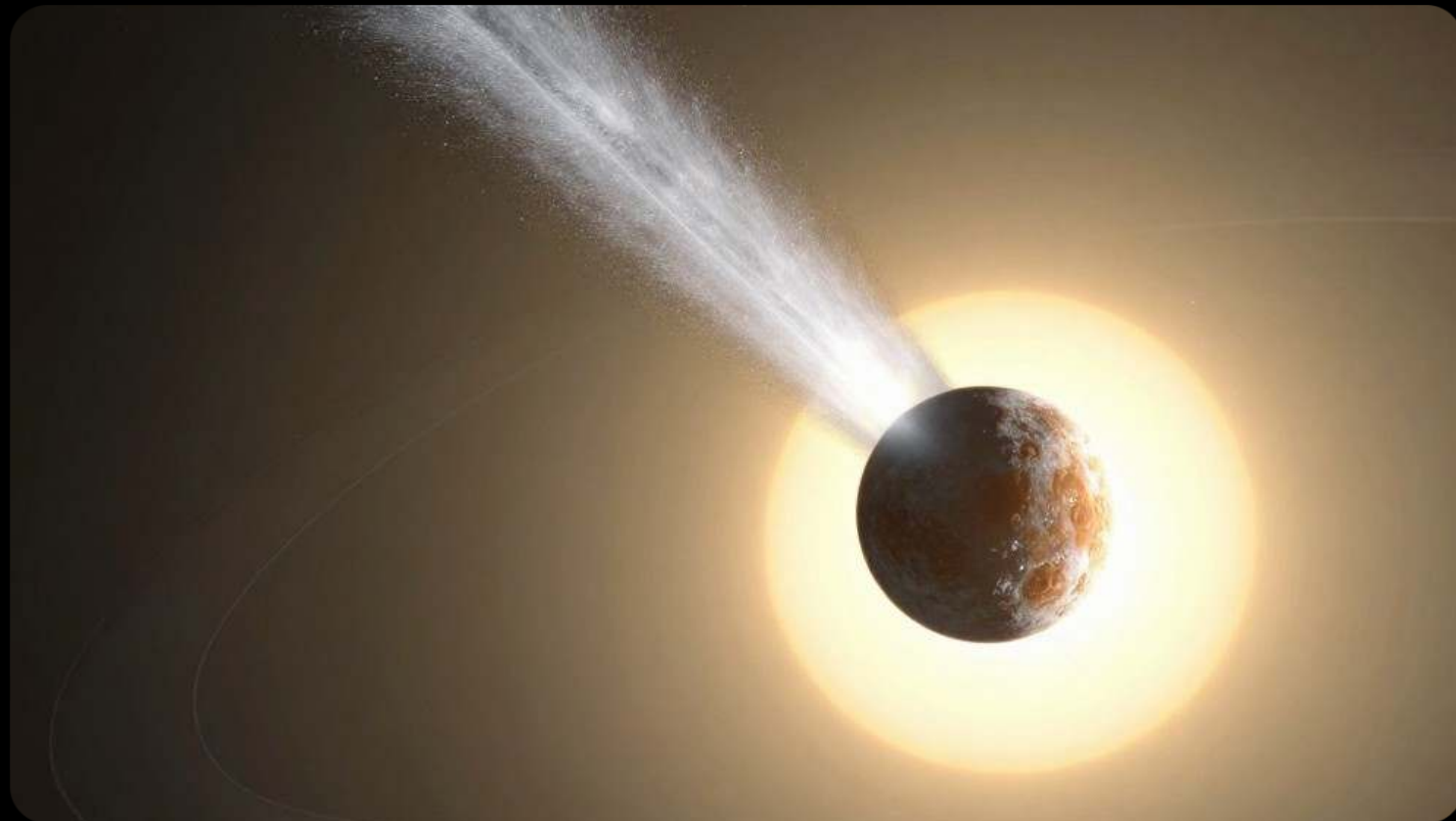


Проблема «скрытой массы» остаётся одной из главных задач современной астрономии, так как тёмная материя невидима напрямую, но её влияние проявляется в динамике звёзд и галактик.



Изучение орбитального движения звёзд предоставляет ключ к пониманию формирования и эволюции галактик, а также распределения невидимой массы во Вселенной.

Движение комет и особенности их траекторий



Комета Галлея — пример эллиптической орбиты

Комета Галлея движется по сильно вытянутой орбите с периодом около 76 лет. При приближении к Солнцу происходит сублимация льда и образование хвоста, выдающегося в сторону, противоположную Солнцу.



Комета NEOWISE 2020 года

Комета NEOWISE прошла близко к Солнцу в 2020 году, продемонстрировав характерный яркий хвост. Её орбита также эллиптическая, что позволяет повторять приближения с большими интервалами времени.

Нерегулярности движения: прецессия и нутация



Прецессия — медленное и постепенное вращение оси Земли с периодом около 26 000 лет, влияющее на долгосрочные изменения положения звёзд и направление полярной звезды.



Нутация представляет собой меньшие колебания оси, возникающие из-за гравитационного воздействия Луны и Солнца, вызывающие периодические изменения в ориентации земной оси.



Эти явления оказывают существенное влияние на астрономические календари и сезонные циклы, корректируя временные и пространственные ориентиры на Земле.

Движение небесных тел в астрономической навигации



- **Роль секстанта в морской навигации**

Секстант позволял морякам измерять высоту светил над горизонтом для определения широты и долготы, обеспечивая точную навигацию в эпоху до спутниковых технологий.



- **Астролябия как инструмент изучения небес**

Астролябия служила для измерения угловых координат звёзд, что позволяло исследовать движение небесных тел и определять время, а также координаты на поверхности Земли.



- **Современная навигация и GPS**

Современные системы навигации базируются на спутниках, движение которых рассчитывается с высокой точностью на основе законов орбитальной механики, что позволяет определять местоположение с масштабной точностью.

Современные исследования движения небесных тел



- Астрометрия и анализ радиальных скоростей позволяют определять массу и орбитальные параметры экзопланет и звёзд с высокой точностью, углубляя знания о структуре Вселенной.

- Космическая миссия «Кеплер» открыла тысячи экзопланет методом транзитов, расширяя понимание разнообразия планетных систем за пределами Солнечной системы.

- Миссия «Гейя» реализует масштабные астрометрические наблюдения миллионов звёзд, способствуя поиску тёмной материи и изучению динамики нашей галактики.

Заключение: значение изучения движения небесных тел



Понимание законов движения небесных тел фундаментально для развития науки, освоения космоса и технологического прогресса. Перспективы включают изучение тёмной материи и поиск внеземной жизни, расширяя горизонты знаний.