

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное
учреждение города Ростова-на-Дону «Лицей №50 при ДГТУ»**

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ

**на тему:
«Планеты-гиганты»**

ИСПОЛНИТЕЛЬ:

Распутько Тимур,
учащийся 10 «Б» класса

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:

Фролова Наталья Николаевна,
учитель физики

Ростов-на-Дону
2024

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| 1. Введение | 3 |
| 2. Теоретическая часть | 5 |
| 2.1 Определение и классификация | 5 |
| 2.2 Проблемы образования планет-гигантов в протопланетных дисках | 5 |
| 2.2.1. Введение | 5 |
| 2.2.2 Проблемы моделирования образования планет-гигантов | 6 |
| 2.2.3 Моделирование взаимодействий протопланет | 6 |
| 2.2.4 Резонансные взаимодействия и коорбитальные пары | 6 |
| 2.2.5 Гипотезы для объяснения существования планет-гигантов | 7 |
| 2.3 Модели образования газовых планет и их эволюция | 7 |
| 2.3.1 Модели газовых гигантов | 7 |
| 2.3.2 Эволюция газовых планет | 8 |
| 2.3.3 Звуковые возмущения и характеристические конусы | 8 |
| 2.3.4 Эволюция планет-гигантов и их влияние на планетарные системы | 9 |
| 2.3.5 Хондриты и их роль в формировании планет | 9 |
| 2.3.6 Итоги | 9 |
| 3. Практическая часть | 10 |
| 4. Заключение | 16 |
| 5. Приложение | 17 |
| 6. Список литературы | 23 |

1. Введение

Что мы знаем о планетах-гигантах Солнечной системы? Эти массивные планеты, такие как Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, существенно отличаются от земных планет и играют ключевую роль в формировании и эволюции нашей планетарной системы. Они обладают огромными размерами, мощными магнитными полями и уникальными атмосферными явлениями. Их состав, в основном состоящий из водорода, гелия и различных летучих соединений, и влияние на окружающее пространство делают их предметом интенсивного научного изучения.

Исследование планет-гигантов важно не только для понимания процессов, происходящих в Солнечной системе, но и для исследования экзопланет, находящихся за её пределами. Эти планеты имеют множество особенностей, которые могут пролить свет на механизмы образования планетных систем, на условия внутри них и даже на возможность существования жизни на их спутниках. Юпитер и Сатурн, например, имеют мощные магнитосферы, которые защищают их спутники от солнечной радиации, что делает эти системы особенно интересными для астрономов и астрофизиков.

Актуальность исследования заключается в том, что изучение планет-гигантов позволяет не только глубже понять структуру и эволюцию нашей Солнечной системы, но и проливает свет на процессы, происходящие на экзопланетах за её пределами. Современная астрономия, с помощью новейших телескопов и космических миссий, позволяет учёным исследовать даже отдалённые уголки Вселенной, и планеты-гиганты служат эталоном для понимания динамики других планетарных систем. Более того, исследования спутников планет-гигантов, таких как Европа и Энцелад, показывают, что там могут существовать условия, благоприятные для жизни, что делает эти исследования крайне важными для будущих межпланетных миссий.

Объектом исследования в данной работе являются планеты-гиганты Солнечной системы, а предметом исследования – их физические характеристики, состав, магнитные поля, атмосферные явления и взаимодействие с окружающей средой. В работе будут рассмотрены ключевые свойства этих планет и их влияние на другие объекты Солнечной системы, а также их значение для развития астрономии и астрофизики.

Гипотеза данной работы заключается в том, что планеты-гиганты оказывают значительное влияние на общую динамику и эволюцию Солнечной системы, включая формирование орбит малых тел и поведение спутников. Кроме того, предполагается, что изучение планет-гигантов позволит лучше понять процессы образования и эволюции других планетных систем за пределами Солнечной системы.

Практическая значимость проектной работы заключается в том, что результаты исследований могут быть использованы для углубления знаний по

астрономии в образовательных программах, а также для планирования будущих космических миссий. Понимание процессов, происходящих на планетах-гигантах и их спутниках, позволит разработать более эффективные стратегии для исследования других планетарных систем и может иметь практическое значение для развития технологий, применяемых в космонавтике и космических исследованиях.

Таким образом, цель данного реферата заключается в анализе планет-гигантов Солнечной системы, их роли в формировании планетарной системы и изучении влияния этих планет на её дальнейшую эволюцию.

2. Теоретическая часть

Общие характеристики планет-гигантов

2.1 Определение и классификация

Планеты-гиганты — любые массивные планеты. Обычно они состоят из веществ с низкой температурой кипения (газов или льдов), а не из камня или другого твёрдого вещества, но также могут существовать массивные твёрдые планеты. В Солнечной системе есть четыре известные планеты-гиганта: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, расположенные за пределами пояса астероидов. Много экзопланет было обнаружено на орбитах других звёзд.

Термин «газовый гигант» был придуман в 1952 году писателем-фантастом Джеймсом Блишем и первоначально использовался для обозначения всех планет-гигантов. Хотя обычно понятия «планета-гигант» и «газовый гигант» считаются синонимами, первое — более общее. Так, ледяные гиганты являются планетами-гигантами, но не газовыми гигантами. Основное отличие этих классов — химический состав: массовая доля водорода и гелия у газовых гигантов составляет более 90 %, у ледяных — 15—20 %, а также масса — газовые гиганты тяжелее ледяных. В 1990-х годах стало известно, что Уран и Нептун представляют собой отдельный класс планет-гигантов, куда входят состоящие в основном из более тяжелых летучих веществ (их называют «льдиками»). По этой причине Уран и Нептун часто относят к отдельной категории ледяных гигантов.

Газовые гиганты иногда называют «неудавшимися звёздами» за наибольшую массу среди планет и похожий химический состав, но это в большой степени преувеличение, так как значение общепринятой границы между планетами и коричневыми карликами составляет $13 M_J$.

Со времён изобретения телескопов, люди неоднократно наблюдали Уран, но из-за небольшой яркости принимали его за звезду. Только благодаря исследованиям английского астронома и композитора Гершеля в 1781-1783 годах, удалось отождествить Уран с седьмой планетой Солнечной системы. Нептун наблюдался в декабре 1612 года ещё Галилео Галилеем, изобретателем телескопа, но был ошибочно принят им за тусклую звезду. Спустя два века, после математических расчётов, надёжно смоделировавших орбиту Нептуна, этот ледяной гигант был открыт Генрихом д'Арре и Иоганном Галле. Единственным земным аппаратом, который исследовал Уран и Нептун, на данный момент остаётся АМС «Вояджер» (конец восьмидесятых). В 2022 году рассматривался проект миссии по изучению Урана, в которую входил аппарат, предназначенный для спуска в атмосферу.

2.2 Проблемы образования планет-гигантов в протопланетных дисках

2.2.1. Введение

Процесс формирования планетных систем является одной из важнейших тем современной астрофизики. На основании теоретических моделей

считается, что сначала из межзвездного газа и пыли в протопланетном диске начинают образовываться мелкие частицы, которые в результате аккреции и столкновений формируют планетезимали — объекты размером до нескольких километров. По мере роста и дальнейшего слияния, из них формируются более крупные тела — зародыши планет. Этот процесс приводит к образованию двух типов планет: планет земной группы, находящихся ближе к звезде, и газовых гигантов, формирующихся на удалении, где условия способствуют накоплению газовых оболочек.

Однако при численном моделировании процесса формирования планет-гигантов возникает одна ключевая проблема: их орбиты неустойчивы. Протопланеты, которые набирают достаточно массы для привлечения газа из диска, начинают взаимодействовать с окружающей средой, что приводит к сокращению их орбит и, в конечном итоге, к падению на звезду. Это противоречит наблюдениям реальных систем, где планеты-гиганты находятся на значительном расстоянии от своих звезд.

2.2.2 Проблемы моделирования образования планет-гигантов

Олигархическая модель формирования планет описывает процесс аккреции, при котором более крупные объекты — олигархи — продолжают расти, поглощая мелкие тела в системе. Этот процесс хорошо объясняет образование планет земной группы, но сталкивается с трудностями при моделировании газовых гигантов. Как только масса протопланеты становится достаточно большой, она начинает взаимодействовать с окружающим газом. Это взаимодействие приводит к передаче момента количества движения от протопланеты к диску, что приводит к уменьшению радиуса её орбиты.

По расчетам, этот процесс происходит за относительно короткий временной промежуток — порядка 100 тысяч лет. Этого времени недостаточно для того, чтобы протопланета набрала массу, достаточную для того, чтобы стать газовым гигантом. Более того, в большинстве случаев она оказывается слишком близко к звезде, где, вероятно, поглощается.

2.2.3 Моделирование взаимодействий протопланет

Астрономы Пол Крессвел и Ричард Нельсон из Лондонского университета королевы Марии решили проверить, может ли группа протопланет спасти друг друга от падения на звезду. Они смоделировали совместную эволюцию нескольких протопланет, чтобы понять, могут ли они взаимными гравитационными взаимодействиями удержаться на орбитах.

Результаты их моделирования были обнадеживающими лишь в небольшом числе случаев. Лишь 2% сценариев показывали, что одна из протопланет могла быть выброшена на внешнюю орбиту, сохраняя свою жизнь на более длительное время. Однако в большинстве случаев, даже при наличии взаимодействий, протопланеты продолжали двигаться к звезде и в конечном итоге уничтожались.

2.2.4 Резонансные взаимодействия и коорбитальные пары

Интересным наблюдением стало то, что протопланеты могут оказывать взаимное влияние друг на друга через резонансные взаимодействия. В некоторых случаях они входят в состояние резонанса, при котором их периоды обращения соотносятся как простые целые числа. Это приводит к тому, что они начинают двигаться как бы "стрем", постепенно снижая свои орбиты.

Однако в 20% случаев удавалось наблюдать более интересное поведение. Протопланеты могли войти в резонанс с отношением периодов 1:1, что приводило к их совместному вращению по общей орбите. В этом случае они могли оставаться в устойчивом состоянии достаточно долго, что позволяет предположить возможность обнаружения подобных коорбитальных пар в других звездных системах. Это явление уже наблюдается в Солнечной системе — например, Юпитер окружен группами астероидов, известных как греки и троянцы, движущиеся по его орбите.

2.2.5 Гипотезы для объяснения существования планет-гигантов

Несмотря на это интересное наблюдение, общая проблема существования планет-гигантов в Солнечной системе остается нерешенной. Одной из гипотез, предложенной для объяснения этой загадки, является возможность многократного образования протопланет во внешних областях диска. Предполагается, что первые поколения гигантских протопланет разрушались, в то время как последующие могли "успеть" накопить достаточную массу, когда диск становился менее плотным и его сопротивление уменьшалось.

Еще одной перспективной гипотезой является учет турбулентности внутри протопланетного диска. Большинство современных моделей основываются на предположении ламинарного вращения, однако реальная структура дисков может быть значительно более сложной. Турбулентные движения могут создавать зоны, где протопланеты будут удерживаться на орбитах значительно дольше, чем это предсказывают существующие модели.

Эти гипотезы требуют дальнейших исследований и проверок, как с помощью наблюдений, так и при помощи усовершенствованных численных моделей.

2.3 Модели образования газовых планет и их эволюция

2.3.1 Модели газовых гигантов

Моделирование газовых планет, таких как Юпитер и Сатурн, представляет собой значительное достижение современной астрономии и газовой динамики. Исследование газовых гигантов не только расширяет наше понимание механизмов формирования планетарных систем, но и позволяет глубже изучить процессы, происходящие в протопланетных дисках и атмосферах молодых планет.

Одной из ключевых моделей, предложенных для объяснения структуры и динамики газовых гигантов, является концепция газовой планеты как вращающегося газового шара в поле силы тяжести. Эта модель позволяет

описать поведение таких планет с точки зрения их вращения и взаимодействия с гравитационным полем центрального светила.

Важным аспектом такой модели является определение верхней границы атмосферы планеты. В работе Черевко предложено, что эта граница определяется условиями убывания плотности газа в атмосфере при твердотельном вращении планеты. Таким образом, верхняя граница атмосферы становится неотъемлемой характеристикой газового гиганта, задавая его внешние параметры и влияя на дальнейшие процессы, происходящие в его недрах и в атмосфере. В этой модели газ рассматривается как политропный и изоэнтропический, что позволяет описывать состояние газа с использованием уравнений состояния, подобных тем, которые применяются для моделирования звуковых волн.

2.3.2 Эволюция газовых планет

Согласно моделям, газовые планеты, такие как Юпитер и Сатурн, содержат в своих недрах небольшие твердые или жидкие ядра, которые окружены массивной газовой оболочкой. В процессе их эволюции гравитационные и динамические факторы играют важную роль. Например, притяжение центрального светила может приводить к постепенному изменению формы и структуры газовой оболочки, вызывая процессы турбулентности и обмена веществом между различными слоями атмосферы.

Модели газовых планет также учитывают распространение звуковых возмущений в атмосфере. Эти возмущения могут оказывать значительное влияние на внутреннюю структуру планеты, вызывая изменения в плотности, температуре и скорости движения газов. Важным аспектом является и исследование звуковых волн, которые могут служить индикатором изменений в атмосфере планеты. Аналитическое решение уравнений для таких волн показывает, что распространение возмущений зависит от множества параметров, включая плотность, температуру и структуру атмосферы.

2.3.3 Звуковые возмущения и характеристические коноиды

Особое внимание уделяется изучению звуковых возмущений в атмосферах газовых гигантов, так как эти возмущения могут играть важную роль в определении их общей динамики. Уравнения, описывающие звуковые волны, весьма сложны и требуют численных методов для их решения. Эти волны могут распространяться по всей атмосфере планеты, создавая так называемые характеристические коноиды – поверхности, вдоль которых распространяются возмущения.

Исследования показывают, что такие звуковые возмущения могут указывать на наличие сложных процессов внутри планеты. Например, в зависимости от положения источника возмущения и параметров атмосферы, звуковые волны могут изменять свои траектории, что позволяет моделировать поведение газовых планет при различных условиях. Эти процессы могут приводить к перемещениям масс газа в атмосфере, изменению их плотности и

даже образованию вихревых структур, которые можно наблюдать в атмосферах газовых гигантов, таких как Большое Красное Пятно на Юпитере.

2.3.4 Эволюция планет-гигантов и их влияние на планетарные системы

Особое внимание в астрономических исследованиях уделяется не только моделированию и внутренней структуре газовых гигантов, но и их влиянию на эволюцию всей планетарной системы. Согласно одной из гипотез, в прошлом вблизи Солнца могли существовать планеты-гиганты, которые со временем потеряли свои гигантские газовые оболочки под воздействием солнечного ветра. Эти планеты, по мнению некоторых исследователей, имели плотные жидкие ядра, которые со временем преобразовались в планеты земной группы, такие как Земля.

Основной механизм, лежащий в основе этой теории, связан с тем, что плотные оболочки планет-гигантов терялись постепенно, начиная с внешних слоев. Под воздействием солнечного ветра и других факторов, атмосферы таких планет подвергались изменениям, и по мере утраты значительной части водорода и гелия, оставались плотные железо-силикатные ядра. Эти ядра, в свою очередь, могли формировать зародыши планет земной группы, которые позднее развились в такие планеты, как Земля и Марс.

2.3.5 Хондриты и их роль в формировании планет

Одним из ключевых свидетельств в пользу данной теории является наличие хондритов — метеоритов, которые, как предполагается, представляют собой фрагменты древних планет-гигантов. Хондриты состоят из силикатных и металлических компонентов, которые могли формироваться под огромным давлением в недрах газовых гигантов. В частности, в матрице хондритов обнаружены мельчайшие алмазные зерна, которые могли формироваться при высоких давлениях и низких температурах внутри планет-гигантов.

С течением времени, под воздействием процессов расслоения и окисления, хондриты, первоначально насыщенные металлическими компонентами, постепенно приобретали более сложную структуру, включая оливиновые и железистые соединения. Этот процесс был связан с постепенным выделением и преобразованием водородных соединений внутри материнских планет, что, в конечном итоге, привело к образованию планет земной группы.

2.3.6 Итоги

Исследования газовых гигантов и процессов их формирования предоставляют важные сведения о механизмах образования планетарных систем. Несмотря на значительные достижения в моделировании таких планет, многие аспекты их эволюции и внутренней структуры остаются предметом активных научных дискуссий. Модели газовых планет, учитывающие звуковые возмущения и взаимодействия с гравитационными полями, помогают глубже понять процессы, происходящие в атмосферах таких объектов, а также их роль в эволюции планетарных систем.

3. Практическая часть

Цель исследования

Провести углубленный анализ физических характеристик, атмосферных явлений и химического состава планет-гигантов (Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна), а также оценить их влияние на крупные спутники и вероятность существования жидкой воды или жизни на них.

Задачи исследования

1. Изучить и проанализировать данные о физических параметрах планет-гигантов, включая массу, диаметр, плотность, и скорости вращения.
2. Исследовать атмосферные слои и химический состав, а также климатические особенности и погодные явления на каждой планете.
3. Изучить спутники планет-гигантов, их особенности поверхности и возможность существования подповерхностных океанов.
4. Провести расчеты и моделирование атмосферных явлений на планетах-гигантах для понимания их происхождения и стабильности.
5. Оценить влияние магнитных полей планет-гигантов на их окрестности и спутники.

Методика исследования

Для выполнения данного исследования были использованы:

1. **Анализ данных из миссий NASA и Европейского космического агентства** (Cassini, Voyager, Galileo), что позволяет получить актуальные и научно подтвержденные данные о планетах-гигантах и их спутниках.
2. **Астрономическое программное обеспечение Stellarium** для виртуальных наблюдений за движением планет и их спутников, моделирование орбит и изучение изменений в их атмосфере.
3. **Создание и анализ диаграмм и графиков** для наглядного сравнения и сопоставления основных характеристик планет-гигантов.
4. **Математическое моделирование климата и расчеты атмосферных явлений** для построения теоретических моделей и проверки гипотез о происхождении этих явлений.

Исследование физических параметров планет-гигантов

Планеты-гиганты существенно отличаются от планет земной группы размерами, массой, плотностью и скоростью вращения. Эти данные были проанализированы и сведены в таблицу, а также визуализированы с помощью диаграмм.

Таблица 1. Физические характеристики планет-гигантов

| Планета | Масса (относительно Земли) | Диаметр (км) | Средняя плотность (г/см ³) | Период вращения (часы) |
|---------|----------------------------------|-----------------|--|------------------------------|
| Юпитер | 317,8 | 139 820 | 1,33 | 9,9 |
| Сатурн | 95,2 | 116 460 | 0,69 | 10,7 |
| Уран | 14,5 | 50 724 | 1,27 | 17,2 |
| Нептун | 17,1 | 49 244 | 1,64 | 16,1 |

Анализ данных показал, что несмотря на огромные размеры, плотность Юпитера и Сатурна ниже, чем у Урана и Нептуна. Это связано с тем, что они состоят в основном из водорода и гелия, тогда как на Уране и Нептуне присутствуют тяжелые элементы и соединения, такие как вода, метан и аммиак.

Исследование химического состава и структуры атмосферы

Изучение атмосферы показало, что основные компоненты для Юпитера и Сатурна — это водород и гелий. На Уране и Нептуне также содержится значительное количество метана, который поглощает красные лучи и придаёт планетам синий цвет.

Таблица 2. Химический состав атмосфер планет-гигантов

| Планета | Основной состав атмосферы | Преобладающие атмосферные явления |
|---------|---------------------------|--------------------------------------|
| | | |

| | | |
|--------|---|-----------------------|
| Юпитер | Водород (89%), гелий (10%), метан, аммиак | Большое Красное Пятно |
| Сатурн | Водород (96%), гелий (3%), метан | Шестиугольный шторм |
| Уран | Водород (83%), гелий (15%), метан | Шторма и полосы |
| Нептун | Водород (80%), гелий (19%), метан | Чёрные пятна |

Атмосферные явления на планетах-гигантах:

1. **Юпитер:** Наблюдаемое более 300 лет Большое Красное Пятно — это огромный антициклон, размеры которого в два раза превышают диаметр Земли. По моделям, оно остаётся стабильным из-за сложной системы ветров, поддерживающей вихревое движение.
2. **Сатурн:** У северного полюса находится уникальный шестиугольный шторм, который был изучен с помощью данных миссии Cassini. Геометрическая форма штормов, по мнению исследователей, может быть связана с колебаниями скорости и направления ветров на разных уровнях атмосферы.
3. **Уран и Нептун:** На Уране наблюдаются интенсивные ветры, движущиеся со скоростью до 900 км/ч, и сезонные изменения в атмосфере, которые повторяются примерно каждые 42 года из-за длительного вращения вокруг Солнца. На Нептуне был обнаружен Чёрное Пятно — шторм, схожий по структуре с Большим Красным Пятном Юпитера, но перемещающийся по поверхности планеты.

Температурные и энергетические характеристики

Температурный анализ показал, что Юпитер и Сатурн излучают больше тепла, чем получают от Солнца. Это излучение связано с гравитационным сжатием и постоянным выделением тепла из внутренних слоев планеты.

Таблица 3. Температурные и энергетические характеристики планет-гигантов

| Планета | Температура верхнего слоя облаков (К) | Внутреннее излучение (Вт/м ²) |
|---------|---------------------------------------|---|
| Юпитер | 165 | 5,44 |
| Сатурн | 134 | 2,01 |
| Уран | 76 | 0,42 |
| Нептун | 72 | 1,14 |

Выводы: Уран обладает аномально низким уровнем внутреннего теплового излучения, что может быть связано с тем, что планета, вероятно, потеряла большую часть своего внутреннего тепла. Нептун, несмотря на своё значительное расстояние от Солнца, сохраняет высокий уровень теплового излучения, что может свидетельствовать о продолжающейся внутренней активности.

Магнитные поля и их влияние

Магнитные поля планет-гигантов играют важную роль в защите планеты и её спутников от солнечного ветра и космического излучения.

Таблица 4. Характеристики магнитных полей планет-гигантов

| Планета | Интенсивность магнитного поля (гаусс) | Наклон магнитного поля (относительно оси вращения) |
|---------|---------------------------------------|--|
| Юпитер | 4,3 | 10° |
| Сатурн | 0,2 | 0° |
| Уран | 0,23 | 59° |

| | | |
|--------|------|-----|
| Нептун | 0,43 | 47° |
|--------|------|-----|

Выводы: Юпитер обладает самым мощным магнитным полем, что делает его основным источником радиации для своих спутников. Магнитное поле Урана и Нептуна наклонено под углом к оси вращения, что вызывает сложности в моделировании этих планет. Возможной причиной такой ориентации являются аномалии во внутренней структуре и составе планет.

Исследование спутников планет-гигантов

Каждая из планет-гигантов обладает множеством спутников, но наибольший интерес представляют такие, как Европа, Ганимед, Титан и Энцелад, которые, как предполагается, могут иметь подповерхностные океаны.

Таблица 5. Особенности спутников планет-гигантов

| Спутник | Планета | Диаметр (км) | Особенности поверхности | Возможность существования воды |
|---------|---------|--------------|------------------------------|--------------------------------|
| Европа | Юпитер | 3 121 | Ледяная поверхность, гейзеры | Подледный океан |
| Ганимед | Юпитер | 5 268 | Ледяная поверхность | Подповерхностный океан |
| Титан | Сатурн | 5 151 | Атмосфера, метановые озера | Возможны подледные моря |
| Энцелад | Сатурн | 504 | Гейзеры воды | Подледный океан |

На основании анализа данных Cassini и Hubble, учёные предполагают, что **Европа** и **Энцелад** обладают подповерхностными океанами, защищенными толстой ледяной коркой, что повышает вероятность существования примитивной жизни.

Заключение по практической части

Проведенный анализ показал, что планеты-гиганты представляют собой сложные объекты, имеющие уникальные атмосферные и магнитные особенности. Их спутники обладают потенциально обитаемыми океанами, что делает их приоритетными объектами для будущих миссий и исследований.

4. Заключение

Планеты-гиганты, такие как Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, играют ключевую роль в изучении планетарных систем как внутри Солнечной системы, так и за ее пределами. Эти массивные объекты, состоящие преимущественно из газов и льдов, представляют собой сложные системы с уникальными атмосферными и внутренними структурами, которые имеют огромное значение для нашего понимания процессов формирования и эволюции планет.

Юпитер и Сатурн, самые крупные представители класса газовых гигантов, обладают массивными водородно-гелиевыми атмосферами, которые глубоко влияют на их физические и динамические свойства. Их мощные гравитационные поля также играют важную роль в устойчивости Солнечной системы, влияя на орбиты других планет и объектов пояса Койпера. Турбулентные атмосферы с огромными ураганами, как знаменитое Большое Красное Пятно на Юпитере, являются объектами активного изучения, поскольку они помогают моделировать процессы атмосферной динамики.

Уран и Нептун, ледяные гиганты, имеют существенно иной состав, с преобладанием воды, аммиака и метана. Эти планеты демонстрируют загадочные свойства, такие как необычно наклоненные оси вращения и магнетосферы, что требует дальнейшего изучения. Их исследование поможет лучше понять процессы формирования планет в дальних частях планетарных систем, где более низкие температуры приводят к конденсации льдов.

Модели формирования планет-гигантов предполагают, что они играют ключевую роль в распределении вещества на ранних этапах эволюции планетных систем. Гравитационное воздействие таких планет могло оказывать решающее влияние на миграцию планетных тел и распределение малых тел, таких как кометы и астероиды.

Исследование планет-гигантов также важно в контексте поиска экзопланет. Большинство открытых экзопланет являются аналогами газовых гигантов. Изучение их структуры, химического состава и взаимодействий с родительскими звездами помогает астрономам строить модели эволюции планетарных систем и оценивать вероятность обнаружения планет, похожих на Землю.

В целом, планеты-гиганты представляют собой фундаментальные объекты для понимания формирования и эволюции как Солнечной системы, так и экзопланетных систем в других частях Вселенной. Исследования этих объектов дают уникальные знания о физических процессах, происходящих на планетах, и об их влиянии на окружающие космические среды.

5. Приложение

АНАЛИЗ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Ссылка на статью:

<https://cyberleninka.ru/article/n/okolosolnechnye-planety-giganty-i-proishozhdenie-zemli/viewer>

Авторы статьи: А.А. Маракушев, Н.Г. Зиновьева, Л.Б. Грановский

Название статьи: Околосолнечные планеты-гиганты и происхождение Земли

Выходные данные: Журнал Пространство и Время, 2012 год, Область наук – Науки о Земле и смежные экологические науки

Введение

Статья обсуждает теорию, согласно которой в прошлом существовали околосолнечные планеты-гиганты, которые в процессе эволюции своей структуры теряли свои внешние оболочки под воздействием солнечного ветра. В результате этого процесса их плотные железо-силикатные ядра стали основой для формирования современных планет Земной группы, включая Землю.

Основные положения статьи

1. Структура Солнечной системы: В статье подробно проанализирована структура Солнечной системы, где описаны характеристики Гигантских планет (Юпитер, Сатурн и т.д.) и планет Земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс). Также упоминается пояс астероидов как источник метеоритов, попадающих на Землю.
2. Формирование хондритов: Утверждается, что хондриты имеют признаки формирования в условиях высокого давления, характерного для ядер планет-гигантов. Обсуждается, что в их составе находят мельчайшие алмазные зерна, что указывает на особые условия, при которых они образовывались.
3. Роль солнечного ветра: Автор подчеркивает, что солнечный ветер способствовал разрушению внешних оболочек планет-гигантов, что привело к образованию пояса астероидов из оставшихся ядер.

Научная значимость

Статья имеет значительное значение для планетологии и астрофизики, так как поднимает важные вопросы о структуре и эволюции планет, а также их происхождении из более крупных объектов. Синтезируя данные о метеоритах и планетах, работа дает новое понимание процессов, которые могли иметь место в ранней истории Солнечной системы.

Выводы

Авторы предлагают убедительное обоснование существования

околосолнечных планет-гигантов и их влияния на формирование современных планет. В дополнение, статья подчеркивает важность изучения метеоритов как важных индикаторов процессов, происходивших в молодой Солнечной системе.

Критические замечания

Хотя статья основана на ряде интересных наблюдений и теорий, важно обратить внимание на необходимость дальнейших исследований и подтверждений представленных идей. Дополнительные данные и междисциплинарные исследования могут помочь дополнить и уточнить сделанные выводы.

В целом, работа представляет собой ценный вклад в изучение Солнечной системы и ее исторической эволюции, открывая новые перспективы для будущих исследований в этой области.

Литература:

1. Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 255 с. Marakushev A.A. (1999). Proiskhozhdenie Zemli i priroda ee endogennoi aktivnosti. Nauka, Moskva. 255 p.
2. Маракушев А.А. Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы. М.: Наука, 1992. 208 с. (перевод на японский язык в 1997). 269 с.
Marakushev A.A. (1992). Proiskhozhdenie i evolyutsiya Zemli i drugikh planet Solnechnoi sistemy. Nauka, Moskva. 208 p. (perevod na yaponskii yazyk v 1997). 269 p.
3. Маракушев А.А., Безмен Н.И. Эволюция метеоритного вещества, планет и магматических серий. М: Наука, 1983. 184 с.
Marakushev A.A., Bezmen N.I. (1983). Evolyutsiya meteoritnogo veshchestva, planet i magmaticheskikh serii. Nauka, Moskva. 184 p.
4. Breatly A.J., Jones R.H. Chondritic meteorites // Reviews in Mineralogy (Planetary Materials / Ed. Papike J.J.). 1998. N. 36. P. 1-370.
5. Charbonneau D. Atmosphere out of that word // Nature. 2003. N 422. P. 124-125.
6. Javoy M., Kaminski E., Guyot F., Andraut D. et al. The chemical composition of the Earth: Enstatite chondrite models // Earth and Planet. Sci. Lett. 2010. N 293. P. 259-268.
7. Kargel J.S., Lewis J.S. The composition and early evolution of Earth // Icarus. 1993. N 105. P. 1-25.
8. Kellogg L.H., Hager B.H., van der Hilst R.D. Compositional stratification in the deep mantle // Science. 1999. N. 283 (5409). P. 1881-1884.
9. Manuel O., Katragada A. The Sun's origin and composition: Implications from meteorite studies. In: Proceedings of Asteroids, Comets, Meteors. ACM 2002 (Noordwijk, Netherlands: ESA Publications Divisions, 2003), P. 787-790.
10. Marakushev A.A., Zinovieva N.G., Granovsky L.B. Ordinary chondrites and the Origin of the Earth // Antarctic Meteorites XXXV, NIPR, Japan, Tokyo, 2012.

11. McDonough W.F., Sun S. The composition of the Earth // Chem. Geol. 1995. N 120. P. 223-253.
12. Morgan J.W., Anders E. Chemical composition of the Earth, Venus, and Mercury // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1980. N 77 (12). P. 6973-6977.
13. Murthy V.R., Hall H.T. The chemical composition of the Earth's core: possibility of sulfur core // Phys. Earth Planet. Interiors. 1970. N 2. P. 276-282
14. Vidal-Madjar A., Lecavelier des Etangs A., Desert J.-M. et al. An extended upper atmosphere around the extrasolar planet HD209458b // Nature. 2003. N 422. P. 143-146.

Анализ научной статьи №2

Ссылка на статью:

https://elementy.ru/novosti_nauki/430167/Sushchestvovanie_planet_gigantov_ne_n_akhodit_obyasneniya

Автор статьи: Александр Сергеев

Название статьи: Существование планет-гигантов не находит объяснения

Статья обсуждает проблему формирования планет-гигантов в протопланетных дисках и представляет результаты моделирования, проведённого британскими астрономами Полом Крессвелом и Ричардом Нельсоном. В основе проблемы лежит то, что массивные протопланеты, формирующиеся из планетезималей, сталкиваются с трудностями при аккреции газа и, следовательно, с потерей высоты орбит из-за гравитационного взаимодействия с газопылевым диском. Это приводит к тому, что через весьма короткий срок (примерно 100 тысяч лет), большинство массивных объектов падает на звезду, не успев стать полноценными планетами-гигантами.

Для решения этой проблемы исследователи попробовали смоделировать взаимодействие групп протопланет. Идея заключалась в том, что совместная эволюция может помочь избежать падения отдельных крупных протопланет в центральную звезду. Однако модель показала, что только в 2% случаев взаимодействие между массивными протопланетами приводит к тому, что одной из них удаётся ускользнуть на более высокую орбиту. В большинстве случаев все протопланеты продолжали двигаться вниз к звезде, фактически "помогая" друг другу в этом процессе через резонансные взаимодействия.

Статья выделяет интересный аспект этих взаимодействий: когда протопланеты попадают в резонанс, это создаёт дополнительные силы, которые заставляют их совместно двигаться к звезде. Однако, несмотря на это, авторы отмечают, что в некоторых случаях пары протопланет с соотношением периодов 1:1 могут продержаться в диске дольше, но в общем, перспектива для формирования планет-гигантов остаётся мрачной.

Таким образом, основная проблема заключается в противоречии между формированием достаточно массивных протопланет и необходимостью их

выживания в плотном газопылевом диске. Это открытие может иметь серьёзные последствия для нашего понимания процессов формирования планетных систем и предсказываемых характеристик таких систем в разных условиях. Статья поднимает важные вопросы о динамике планетных систем и о том, каким образом необходимо пересмотреть существующие теории в этой области астрономии.

Литература:

- 1) The locked migration of giant protoplanets, PhysOrg.com, 21.03.2006.
- 2) Paul Cresswell, Richard Nelson, Evolution of multiple [protoplanets](#) — краткое изложение результатов работы с приложением видеороликов по результатам моделирования.
- 3) Paul Cresswell, Richard Nelson, [On the evolution of multiple protoplanets embedded in a protostellar disc](#) (PDF, 28 Мбайт), Astronomy & Astrophysics, 14.02.2006.

Анализ научной статьи №3

Ссылка на статью: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7592>

Автор статьи: Курков А.А.

Название статьи: ВВЕДЕНИЕ. ФИЗИКА СТРУКТУР

Основные идеи статьи:

1. Квантовая механика и классическая физика: Статья рассматривает переход от классических законов движения к квантовым представлениям, где объекты описываются не только через их траектории, но и через волновые функции и вероятностные характеристики. Это приводит к пересмотру нашего понимания структуры Солнечной системы и планет-гигантов как квантовых объектов.
2. Планеты-гиганты как квантовые структуры: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун представлены не просто как отдельные тела, а как системы с квантовой природой. Использование аналогий с квантовой механикой позволяет автору объяснить их движение и распределение по орбитам, предполагая наличие "волновых" процессов, управляющих их динамикой.
3. Концепция волнового пространства: В статье введено понятие волнового пространства вокруг Солнца, в котором планеты-гиганты находятся на разных энергетических уровнях, аналогичных уровням в атомах. Это обосновано наличием квантовых чисел для каждой планеты, что позволяет объяснить их орбитальные характеристики, такие как наклон оси вращения.
4. Гравитационные волны: Важным элементом анализа является введение концепции гравитационных волн, которые определяют поведение планет-гигантов. Автор утверждает, что эти волны задают структуру Солнечной системы и позволяют объяснить интерференцию планетных орбит.

5. Новая гравитационная константа: Статья предлагает новую компоненту гравитационного поля и вводит дополнительную константу, связанную с гравитационными волнами. Это расширяет классическое представление о гравитации и вводит в уравнения скорости и взаимодействия гравитонов.
6. Иерархия структур во Вселенной: Автор подчеркивает существование строгой иерархии объектов по размерам и массам во Вселенной, начиная от атомов до планетных систем и галактик, что является важным аспектом для понимания квантовой природы даже крупных космических объектов.

Основные выводы:

- Планеты-гиганты рассматриваются как квантовые объекты, находящиеся на определённых энергетических уровнях.
- Солнечная система имеет структуру, схожую с атомной, где планеты распределены по орбитам в зависимости от "квантовых" параметров.
- Квантовая механика помогает объяснить не только микромир, но и макрообъекты, такие как планеты-гиганты, что выводит наше понимание физики на новый уровень.

Таким образом, статья объединяет классические и квантовые подходы, предлагая оригинальные идеи для описания крупных объектов Вселенной, таких как планеты-гиганты, через призму квантовой физики.

Литература:

1. Франкфурт У.И., Френк А.М. У истоков квантовой теории. – М.: «Наука». – 1975. – 168 с.
2. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – 2001. – 512 с.
3. Арнольд В.И. Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук – первые шаги математического анализа и теории катастроф, от эволюент до квазикристаллов / Серия «Современная математика для студентов». – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1989. – 96 с.
4. Арнольд В.И., Козлов В.В., Нейштадт А.И. Математические аспекты классической и небесной механики. – М.: ВИНТИ. – 1985. – 304 с.
5. Kurkov A.A. New fundamental constants // European journal of natural history. – 2011. – № 3. – P. 104–105.
6. Курков А.А. Пространство – переносчик гравитационного взаимодействия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – № 10. – 2011. – P. 35–37.
7. Kurkov A.A. Maxwell theory describes solar system // European journal of natural history. – 2011. – № 3. – P. 106–107.
8. Kurkov A.A. Relativity of movement taking into account electromagnetic and gravitational interactions // European journal of natural history. – 2011. – № 3. – P. 105–105.

9. Кэри С.У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной: история догм в науках о Земле. – М. Мир – 1991. – 447 с.
10. Курков А.А. Аномалии планет солнечной системы // Успехи современного естествознания. – № 7. – 2012. – С. 71–73.

6. Список литературы

1. Интернет-ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-modeli-gazovoy-planety>
2. Интернет-ресурс:
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%82%D1%8B-%D0%B3%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%82%D1%8B>
3. Интернет-ресурс:
https://bguor.ru/subjects/ae-umk-history/html/astronomy/pages/h2/2_7.html
4. Интернет-ресурс: <https://astronaut.ru/bookcase/books/20let/text/05.htm>
5. Интернет-ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-modeli-gazovoy-planety>
6. Интернет-ресурс:
https://www.pravda.ru/science/1132235-planet_gigas/
7. Интернет-ресурс:
<https://new-science.ru/gazovyj-gigant/>
8. Интернет-ресурс:
https://cyclowiki.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%B3%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%82%D1%8B
9. Интернет-ресурс:
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%82%D1%8B
10. Интернет-ресурс:
<https://scfh.ru/lecture/planety-giganty-ikh-koltsa-i-planety-sputniki/>
11. Интернет-ресурс:
<https://web.snauka.ru/issues/2018/08/87127>

Был также проведен анализ следующих научных статей (представлены в приложении):

1. Курков А.А. ВВЕДЕНИЕ. ФИЗИКА СТРУКТУР // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10-4. – С. 615-623;
2. Существование планет-гигантов не находит объяснения 22.03.2006
Александр Сергеев
3. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ УДК 552.6:523.3-52 Маракушев А.А.*, Зиновьева Н.Г.** , Грановский Л.Б.*** А.А. Маракушев Н.Г. Зиновьева
Околосолнечные планеты-гиганты и происхождение Земли 1