

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**

**«Владивостокский морской рыбопромышленный колледж»  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования**

**«Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет»**

**(«ВМРК» ФГБОУ ВО «ДАЛЬРЫБВТУЗ»)**

---

**КУРС ЛЕКЦИЙ**

**БД.05 АСТРОНОМИЯ**

для специальности

35.02.11

Промышленное рыболовство

Владивосток  
2021

ОДОБРЕН

Цикловой комиссией  
естественнонаучных и  
математических дисциплин

Председатель:

 Сухомлинова А.А.


(подпись)

Протокол №1 от 01.09. 2021 г.

Автор:

преподаватель «ВМРК» ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»

Кан В.А.

  
подпись

Курс лекций составлен в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины БД.05 Астрономия, утвержденной зам. начальника колледжа по УВР 01.09.21 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ЛЕКЦИЙ .....	4
Тема 1.1. Астрономия, ее связь с другими науками. Структура и масштабы Вселенной. Особенности астрономических методов исследования. Телескопы и радиотелескопы. Всеволновая астрономия. ....	5
Тема 1.2. Астрономия Аристотеля как «наиболее физическая из математических наук». Гиппарх Никейский: первые математические теории видимого движения Солнца и Луны и теории затмений. ....	13
Тема 1.3. Птолемей: астрономия как «математическое изучение неба». Создание первой универсальной математической модели мира на основе принципа геоцентризма. ....	15
Тема 1.4. Звездное небо. Летоисчисление и его точность. Оптическая астрономия. Изучение околоземного пространства. Астрономия дальнего космоса. ....	17
Тема 2.1. Система «Земля—Луна». Природа Луны. ....	29
Тема 2.2. Планеты земной группы. ....	37
Тема 2.3. Планеты-гиганты. ....	40
Тема 2.4. Астероиды и метеориты. Закономерность в расстояниях планет от Солнца. Орбиты астероидов. Два пояса астероидов. Физические характеристики астероидов. Метеориты. ....	45
Тема 2.5. Исследования Солнечной системы. Межпланетные космические аппараты, используемые для исследования планет. Новые научные исследования Солнечной системы. ....	49
Тема 3.1. Расстояние до звезд. Пространственные скорости звезд. Физическая природа звезд. Связь между физическими характеристиками звезд. ....	52
Тема 3.2. Строение Галактики, вращение Галактики и движение звезд в ней. Сверхмассивная черная дыра в центре Галактики. Радиоизлучение Галактики. Загадочные гамма-всплески. ...	60
Тема 3.3. Метагалактика. Происхождение и эволюция звезд. Возраст галактик и звезд. ....	63
Тема 3.4. Жизнь и разум во Вселенной. ....	71
ЛИТЕРАТУРА .....	82

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛЕКЦИЙ

№ п/п	Наименование занятий	Кол-во часов
1	Тема 1.1. Астрономия, ее связь с другими науками. Структура и масштабы Вселенной. Особенности астрономических методов исследования. Телескопы и радиотелескопы. Всеволновая астрономия.	2
2	Тема 1.2. Астрономия Аристотеля как «наиболее физическая из математических наук». Гиппарх Никейский: первые математические теории видимого движения Солнца и Луны и теории затмений.	2
3	Тема 1.3. Птолемей: астрономия как «математическое изучение неба». Создание первой универсальной математической модели мира на основе принципа геоцентризма.	2
4	Тема 1.4. Звездное небо. Летоисчисление и его точность. Оптическая астрономия. Изучение околоземного пространства. Астрономия дальнего космоса.	2
5	Тема 2.1. Система «Земля—Луна». Природа Луны.	2
6	Тема 2.2. Планеты земной группы.	2
7	Тема 2.3. Планеты-гиганты.	2
8	Тема 2.4. Астероиды и метеориты. Закономерность в расстояниях планет от Солнца. Орбиты астероидов. Два пояса астероидов. Физические характеристики астероидов. Метеориты.	2
9	Тема 2.5. Исследования Солнечной системы. Межпланетные космические аппараты, используемые для исследования планет. Новые научные исследования Солнечной системы.	2
10	Тема 3.1. Расстояние до звезд. Пространственные скорости звезд. Физическая природа звезд. Связь между физическими характеристиками звезд.	2
11	Тема 3.2. Строение Галактики, вращение Галактики и движение звезд в ней. Сверхмассивная черная дыра в центре Галактики. Радиоизлучение Галактики. Загадочные гамма-всплески.	2
12	Тема 3.3. Метагалактика. Происхождение и эволюция звезд. Возраст галактик и звезд.	2
13	Тема 3.4. Жизнь и разум во Вселенной.	1
	<b>Итого:</b>	<b>25</b>

**Тема 1.1. Астрономия, ее связь с другими науками. Структура и масштабы Вселенной. Особенности астрономических методов исследования. Телескопы и радиотелескопы. Всеволновая астрономия.**

**Цель: Изучить связь астрономии с другими науками и ее роль в формировании современной картины мира. Познакомиться с астрономическими методами наблюдения и исследования.**

Астрономия (от греч. «астрон» — звезда, светило и «номос» — закон) — наука о Вселенной, изучающая движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем.

Астрономия изучает космические объекты, космические явления и космические процессы.

Вселенная — это весь окружающий мир, изучением которого занимаются помимо астрономии различные естественные науки: физика, химия, биология и др. Все они тесно связаны с астрономией и между собой.

Космические объекты — это космические тела и космические системы. Под космическими телами мы будем понимать все физические тела, которые являются структурными элементами Вселенной. Основные типы космических тел — планетные тела, звезды, туманности и космическая среда. Астрономия изучает их основные физические характеристики, происхождение, строение, состав, движение и эволюцию.

Космические системы состоят из космических тел. Космические тела в космических системах обычно имеют общее происхождение (образуются в одно и то же время в одном и том же месте), взаимосвязаны силами тяготения и электромагнитными полями и перемещаются в пространстве как единое целое. В число основных типов космических систем входят планетные и звездные системы, галактики, Метагалактика и вся Вселенная.

Космическими явлениями называются физические явления, возникающие при взаимодействии космических тел и протекании космических процессов

(существование спутников у массивных космических тел, движение планет, солнечная активность).

Космические процессы представляют собой совокупности физических процессов, лежащих в основе возникновения, существования и развития космических объектов (образование, существование и эволюцию звезд, планет, галактик и всей Вселенной).

### **Роль астрономии в формировании современной картины мира.**

Астрономия — древнейшая из наук. Данные археологии свидетельствуют о том, что астрономические наблюдения проводились первобытными людьми свыше 50 тыс. лет назад. Ряд ученых полагает, что зачатки астрономических знаний могли появиться у предков современного человека около 100 тыс. лет назад. У первобытных людей астрономия еще не выделялась в особую область познания, они воспринимали весь окружающий мир как единое одушевленное целое. Мифологический характер осмысления мира объединял «земное» с «небесным». Астрономия — единственная наука, которая получила свою музупокровительницу Уранию.

Потребность в астрономических знаниях для определения времени, ориентации на местности, составления географических карт и календарей стимулировала развитие вычислительной математики, геометрии и тригонометрии. Изобретение углоизмерительных приборов привело к выделению астрономии из общей суммы человеческих знаний об окружающем мире в отдельную, первую из естественных наук. Это произошло 6 тыс. лет назад. Начиная с эпохи образования государств Древнего мира до позднего Средневековья, объекты астрономии идеализировались и противопоставлялись объектам земного мира. Их характеристики и поведение не рассматривались в рамках зарождающихся «земных» наук — физики, химии, географии. Астрономия вносила огромный вклад в становление естественных наук (особенно географии), но сами они оказывали малое влияние на ее развитие лишь через технологию создания астрономических инструментов.

*Первая революция* в астрономии произошла в различных регионах мира в разное время — в период между 1,5 тыс. лет до н.э. и II в. н.э. Ее обусловил прогресс математических знаний. Главными достижениями стали создание сферической астрономии и астрометрии, разработка универсальных точных календарей и геоцентрической теории. К началу XVI в. прогресс научно-технических знаний сократил разрыв в развитии астрономии и других естественных наук, а затем по своему уровню знания об окружающем мире превзошел астрономию, почти не развивавшуюся с начала нашей эры. Потребность приведения в единую систему всей суммы накопленных знаний вместе с первым мощным влиянием физики на астрономию — изобретением телескопа — привела к торжеству гелиоцентрической теории.

*Вторая революция* в астрономии (XVI — XVII вв.) была обусловлена накоплением знаний о природе, в первую очередь физических, и сама астрономия стимулировала первую революцию естественных наук в XVII — XVIII вв. Для науки того времени характерна теснейшая связь между астрономией и физикой. Все великие физики того времени были астрономами, и, наоборот, законы и теории физики выводились и проверялись на основе результатов астрономических наблюдений. Астрономические явления и свойства небесных объектов объяснялись на основе физических знаний. В астрономии исследовались не только видимое расположение и перемещение небесных светил, но и некоторые физические характеристики: движение, размеры и масса небесных тел. Установление единства законов природы для всей Вселенной, создание классической механики Ньютона и теории всемирного тяготения уничтожили противопоставление между «земным» и «небесным» и сделали астрономию одной из естественных наук.

Важнейшими достижениями астрономии нового времени стали:

- создание, объяснение и подтверждение гелиоцентрической теории, законов движения планетных тел, теории всемирного тяготения, небесной механики;
- изобретение оптических телескопов;

- открытие новых планет, спутников, пояса астероидов, комет, метеоритов;
- изучение основных характеристик Солнечной системы и входящих в ее состав космических тел, звездных систем и туманностей;
- создание первых научных космогонических и космологических гипотез.

Разработка новых методов астрономических наблюдений на основе физических открытий и увеличение мощности астрономических инструментов привели к значительному росту знаний о физической природе космических объектов, процессов и явлений. Появился новый обширный раздел современной астрономии — астрофизика. Исследования химического состава космических тел подтвердили материальное единство Вселенной. Были измерены межзвездные расстояния; открыты межзвездная среда, новые классы космических тел; установлены закономерности в физических характеристиках звезд; исследована структура Галактики. Однако астрономия оставалась в целом статичной — наблюдательной и оптической — наукой, которая изучала неизменную во времени Вселенную и регистрировала лишь видимое излучение космических объектов.

Теоретические основы новой астрономической революции заложили труды А. Эйнштейна и А.А. Фридмана. Возникновение и развитие радиофизики, электроники, кибернетики и космонавтики обеспечило ее практические основы. Огромную роль сыграло создание новых методов исследования в физике, математике и вычислительной технике (появление электронных вычислительных машин — ЭВМ).

*Третья революция* в астрономии (50 — 70 - е гг. XX в.) целиком обусловлена прогрессом физики и ее влиянием на технологию.

Астрономия стала новой наукой:

- всеволновой — космические объекты наблюдаются во всем диапазоне их излучения;
- экспериментальной — средства космонавтики позволяют проводить непосредственное изучение космических тел, явлений и процессов;



- эволюционной — космические объекты исследуются на протяжении всей эволюции и во взаимосвязи между собой.

### **Особенности астрономических методов исследования.**

Задачи:

1) изучение видимых, а затем и действительных положений, и движений небесных тел в пространстве, определение их размеров и формы;

2) изучение физического строения небесных тел, т.е. исследование химического состава и физических условий (плотности, температуры) на поверхности и в недрах небесных тел;

3) решение проблем происхождения и развития, т.е. возможного дальнейшего существования отдельных небесных тел и их систем.

Основные разделы астрономии:

1) Астрометрия: изучает положение, видимое и истинное движение небесных светил с составлением звездных карт и каталогов; занимается определением фундаментальных астрономических постоянных; решает задачи, связанные с основами измерения и счета времени, вычислением и составлением календарей; обеспечивает составление географических и топографических карт.

2) Небесная механика исследует движение космических объектов под действием сил гравитации с учетом действия давления излучения, сопротивления среды, изменения массы и других факторов. Опираясь на данные астрометрии и законы классической физики, ученые вычисляют траектории и характеристики движения космических тел и их систем. Небесная механика является теоретической основой космонавтики.

3) Астрофизика собирает и исследует важнейшие физические характеристики и свойства космических объектов, процессов и явлений. Она подразделяется на многочисленные разделы: теоретическая и практическая астрофизика, физика планет (планетология и планетография), физика Солнца, физика звезд, внегалактическая астрофизика и т.д.

4) Космогония изучает происхождение и развитие космических объектов и их систем.

5) Космология исследует происхождение, основные физические характеристики, свойства и эволюцию Вселенной. Ее теоретической основой являются современные физические теории, данные астрофизики и внегалактической астрономии.

**Структура и масштабы Вселенной.** Известная нам часть Вселенной образовалась в результате изменения энергетической плотности физического вакуума, сопровождавшегося выделением огромного количества энергии (от 1,0108 до 1,088 кДж/см<sup>3</sup>). Этот процесс получил название «Большой взрыв». По мнению современных ученых, он произошел примерно 15 млрд лет назад. В момент начала Большого взрыва материя нашей части Вселенной была сосредоточена в точечном (или почти точечном) объеме и обладала бесконечно большой плотностью. Это состояние материи называется сингулярностью. Через 100 с после Большого взрыва Метагалактика состояла на 70 - 75% из протонов, электронов и других частиц, на 25 - 30% из ядер гелия и менее чем на 1 % из ядер более тяжелых элементов. Электрически заряженные частицы раскаленной плазмы взаимодействовали с электромагнитным излучением: свет был нераздельно связан с веществом.

#### **Связь астрономии с другими науками.**

Наиболее тесно астрономия связана с физикой. Астрономия использует физические знания для исследования и объяснения природы космических объектов, явлений и процессов, а физика — данные астрономических наблюдений для проверки известных физических теорий, открытия новых физических явлений и закономерностей. Космос стал естественной лабораторией, где физики могут исследовать явления и процессы, которые невозможно или крайне сложно воспроизвести на Земле. Астрофизики и физики в тесном содружестве изучают ядерные реакции в недрах звезд, взрывы звезд, нейтронные звезды и черные дыры, пульсации Вселенной и т.д. Физика высоких энергий и космология совместно разрабатывают теорию Великого объединения, сводящую виды физических взаимодействий к единому началу и объясняющую перспективы развития материального мира в целом. Взаимодействие

астрономии и физики оказывает влияние на развитие не только других наук, но и техники, энергетики, различных отраслей экономики. Известными примерами стали появления и развитие космонавтики, разработка термоядерных реакторов, квантовых усилителей излучения (лазеров и мазеров) и т.д.

До середины XX в. главными способами определения географических координат местности, морской и сухопутной навигации были астрономические наблюдения. С появлением радиофизики и космонавтики, широким применением радиосвязи и навигационных спутников отпала нужда в астрономических методах. Сейчас эти отрасли физики и технологии позволяют астрономам и географам уточнять форму и некоторые другие характеристики Земли.

Астрономию и химию связывают вопросы изучения происхождения и распространенности химических элементов в космосе, химическая эволюция Вселенной. Космохимия изучает химический состав и внутреннее строение космических тел, влияние космических явлений на протекание химических реакций, распределение химических элементов во Вселенной. Большой интерес для химиков имеет исследование химических процессов, которые из-за масштабов или

Сложности нельзя воспроизвести в земных лабораториях (состояние вещества в недрах планет, синтез сложных химических соединений в туманностях и т. д.).

Астрономию, географию и геофизику объединяет исследование Земли как одной из планет Солнечной системы:

- определение основных физических характеристик Земли (формы, параметров вращения, размера, массы и т.д.);
- изучение влияния космических факторов на географию Земли (строение и состав земных недр и поверхности, рельеф и климат, изменения в атмосфере, гидросфере и литосфере);
- использование астрономических методов ориентации и определения координат местности.

Одним из новых направлений науки стало космическое земледование — совокупность исследований Земли из космоса в целях научной и практической деятельности.

Взаимосвязь астрономии и биологии обусловлена взаимным влиянием процессов, протекающих на

Земле и в космосе:

1) эволюция неживой и живой материи идет от простого к сложному. Возникновение жизни на Земле подготовлено ходом эволюции неживой материи во Вселенной;

2) существование жизни на Земле определяется постоянством действия космических факторов: мощностью и составом солнечного излучения, неизменностью основных характеристик орбиты Земли и ее вращения, наличием магнитного поля и атмосферы;

3) развитие жизни на Земле во многом обусловлено плавными незначительными изменениями в действии космических факторов, сильные изменения ведут к катастрофическим последствиям;

4) на определенном этапе своего развития жизнь становится фактором космического масштаба, оказывающим влияние на физико-химические характеристики планеты: состав и температуру атмосферы, гидросферы и верхних слоев литосферы;

5) в настоящее время деятельность человечества становится фактором космического масштаба, оказывающим воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу Земли, и околоземное космическое пространство, а в перспективе — на всю Солнечную систему. Экологические проблемы начинают играть особую роль в существовании человечества; экология становится космической наукой;

6) разумная деятельность сверхцивилизаций может оказывать влияние на эволюцию неживой материи в масштабах Галактики и даже Метагалактики.

Астрономы и биологи совместными усилиями решают проблемы:

1) возникновения и существования жизни во Вселенной (экзобиология);

- 2) процессов, лежащих в основе космическо-земных связей (гелиобиология и космическая экология);
- 3) космонавтики (космическая биология и медицина);
- 4) возникновения и существования, путей развития внеземных цивилизаций (ВЦ), связи и контакта с ними;
- 5) роли человека и человечества во Вселенной (возможность зависимости космической эволюции от биологической и социальной).

## **Тема 1.2. Астрономия Аристотеля как «наиболее физическая из математических наук». Гиппарх Никейский: первые математические теории видимого движения Солнца и Луны и теории затмений.**

**Цель: Ознакомиться с теориями и методами исследований основоположников астрономии в древности.**

Одним из основателей науки, которая сейчас называется космологией, считают великого греческого философа **Аристотеля** (384 – 322 гг. до н.э.) – ученика и продолжателя школ Сократа и Платона. Согласно представлениям Аристотеля, наша Вселенная имеет форму сферы (см рис). Вне Вселенной есть только «перводвигатель» - Бог.



Он вращает эту сферу из совершенного вещества – эфира. На этой сфере зафиксированы звезды. Сфера звезд вовлекает во вращение другую эфирную сферу с прикрепленным к ней Сатурном, которая зацепляет сферу Юпитера и т.д. В центре Вселенной в волнах эфира покоится неподвижная Земля.

Согласно Аристотелю, каждому виду материи соответствует свое естественное место в пределах Вселенной: место элемента земли — в самом центре мира, далее занимают свои естественные места элементы воды, воздуха, огня, эфира. Из теории естественных мест следовало несколько важнейших

следствий: конечность Вселенной, невозможность существования пустоты, неподвижность Земли, единственность мира.

Хотя Аристотель не называл небесные светила богами, он полагал, что они имеют божественную природу, поскольку для составляющего их элемента — эфира — характерно равномерное движение по окружности вокруг центра мира. Это движение является вечным, так как на окружности нет никаких граничных точек.

**Гиппарх Никейский** (около 190 – 120 гг. до н.э.) – древнегреческий астроном, механик, географ и математик, один из самых крупных античных астрономов. Его основные достижения:

1) построил обсерваторию на острове Родос и 40 лет вел систематическое наблюдение за небом.

2) изобрел навигационный прибор – астрлябию

3) основатель сферической геометрии и тригонометрии

4) предложил сетку координат из меридианов и параллелей, которая позволила определять географические координаты на местности, составил первый географический справочник

5) ввел понятие звездного каталога, измерил координаты более 800 звезд, разместив их по 48 созвездиям

6) открыл прецессию (медленное движение оси вращения Земли по круговому конусу, ось симметрии которого перпендикулярна к плоскости эклиптики, с периодом полного оборота 26 тыс. лет)

7) изучал движение Луны и планет, повторно измерил расстояние до Луны и Солнца, разработал геоцентрическую систему мира (см. рис.)

8) с точностью до минут установил длительность года.

Исследуя звезды, Гиппарх, как и предшественники, считал, что сфера неподвижных звезд реально существует, т.е. расположенные на ней объекты



находятся на одинаковом расстоянии от Земли. Неодинаковую степень яркости объектов ученый объяснил различием в размерах: чем больше звезда, тем она ярче. Он разделил диапазон блеска звезд на шесть величин: от первой — для самых ярких звезд и до шестой — для самых слабых, еще видимых невооруженным глазом, поскольку телескопов тогда не было.

### **Тема 1.3. Птолемей: астрономия как «математическое изучение неба».**

#### **Создание первой универсальной математической модели мира на основе принципа геоцентризма.**

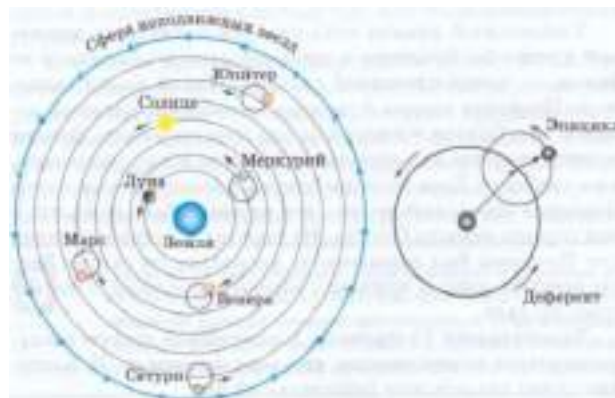
**Цель: познакомиться с первой универсальной математической моделью мира на основе принципа геоцентризма**

Система мира Птолемея — первая универсальная математическая модель мира на основе принципа геоцентризма. Клавдий Птолемей (100 — 165 гг) — древнегреческий астроном, астролог, математик, механик, оптик, теоретик музыки и географ. Он попытался создать теорию видимого движения Солнца, Луны и планет. На основе каталога Гиппарха, собственных наблюдений и Аристотеля Птолемей разработал самую подробную и популярную геоцентрическую систему мира определявшую космологические представления ученых на протяжении 1500 лет. Труд Птолемея «Великое математическое построение астрономии» («Альмагест») в 13 книгах стал научной энциклопедией древности и Средних веков. Птолемей изучал подвижные небесные светила, дополнил и уточнил теорию движения Луны, усовершенствовал теорию затмений.

Он создал математическую теорию видимого движения планет. Эта теория опирается на постулаты:

- 1) шарообразность Земли
- 2) колоссальная удаленность от сферы звезд
- 3) равномерность и круговой характер движений небесных тел
- 4) неподвижность Земли
- 5) центральное положение Земли во Вселенной

Система мира Птолемея (см. рис.) называется геоцентрической и основана на системе деферентов, эпициклов и эксцентриков. Ученый предполагал, что вокруг неподвижной Земли находится окружность (деферент) с центром, несколько смещенным относительно центра Земли (эксцентрик).



По деференту движется центр меньшей окружности – эпицикл – с угловой скоростью, постоянной по отношению к собственному центру деферента и не к самой Земле, а к точке, расположенной симметрично центру деферента относительно Земли (эквант).

Сама планета в системе Птолемея равномерно движется по эпициклу. Для описания вновь открываемых неравномерностей в движениях планет и Луны вводились новые дополнительные эпициклы — вторые, третьи и т. д. Планета помещалась на последнем. Так, Солнце и Луна движутся вокруг Земли по деферентам (без эпициклов). Деференты Солнца и Луны, деференты и эпициклы планет лежат внутри сферы, на поверхности которой расположены «неподвижные» звезды.

Теория Птолемея позволяла предвычислять сложные петлеобразные движения планет (их ускорения и замедления, стояния и попятные движения). Из основных свойств планетарных движений, определенных Птолемеем, вытекал ряд важных закономерностей.

Во-первых, условия движения верхних от Солнца (ближних к Земле) планет и нижних (дальних от Земли) планет существенно различны.

Во-вторых, определяющую роль в движении и тех и других планет играет Солнце. Периоды обращения планет либо по деферентам (у нижних планет), либо по эпициклам (у верхних) равны периоду обращения Солнца, т.е. году.



Ориентация деферентов нижних планет и эпициклов верхних планет связана с плоскостью эклиптики.

Тщательный анализ этих свойств планетарных движений привел бы Птолемея к простому выводу: Солнце, а не Земля, — центр планетарной системы. Такой вывод задолго до Птолемея сделал Аристарх Самосский, который доказал, что Солнце в несколько раз больше Земли. Вполне естественно, что меньшее тело движется вокруг большего, а не наоборот. Хотя размеры других планет прямым путем Птолемей определить не мог, тем не менее было ясно, что и они гораздо меньше Солнца. Но переход к гелиоцентризму для Птолемея был невозможен, поскольку он считал Землю центром мира и приводил множество доводов в пользу этого взгляда.

#### **Тема 1.4. Звездное небо. Летоисчисление и его точность. Оптическая астрономия. Изучение околоземного пространства. Астрономия дальнего космоса.**

**Цель:** Познакомиться наблюдательными методами в астрономии понятием. Изучить подходы к исследованию ближнего и дальнего космоса.

##### **I Звездное небо.**

Основные элементы небесной сферы. Небесные тела проецируются на небесную сферу.

**Небесная сфера** — это воображаемая сферическая поверхность произвольного радиуса, в центре которой находится наблюдатель. Наблюдателей, расположенных в разных местах земной поверхности, из-за малых размеров Земли в сравнении с расстояниями до звезд можно считать находящимися в центре небесной сферы. В действительности никакой материальной сферы, окружающей Землю, в природе не существует. Небесные тела движутся в беспредельном мировом пространстве на самых различных от Земли.

За год Солнце описывает большой круг на фоне звездного неба. Годичный путь Солнца по небесной сфере называется **эклиптикой**. Точка небесной сферы, которая остается неподвижной при суточном движении



звезд, условно называется **Северным полюсом мира**, противоположная точка - **Южным**. Отвесная линия, проходящая через наблюдателя, пересекает небо над головой в точке **зенита** и в диаметрально противоположной точке – **надиром**.

**Суточное вращение звездного неба.** Вращение звезд происходит с востока на запад. Полярная звезда в течение всей ночи почти не двигается, а небо вращается вокруг нее как одно целое. Другие звезды в течение суток описывают полный круг с центром вблизи Полярной звезды. Разные звезды описывают дуги различного радиуса. Некоторые звезды описывают окружности небольшого радиуса и весь круг движения остается над горизонтом – это незаходящие созвездия.

В древности, наблюдая суточное вращение неба, люди сделали глубоко ошибочный вывод, что звезды, Солнце и планеты ежесуточно обращаются вокруг Земли. На самом деле, как это установил в XVI в. Н. Коперник, видимое вращение звездного неба — только отражение суточного вращения Земли вокруг своей оси.

**Навигационные звезды.** Из 6 тыс. звезд, видимых невооруженным глазом, навигационными считаются 24. Это наиболее яркие звезды примерно до второй звездной величины (они ярче или близки к яркости звезд Большого Ковша Большой Медведицы) и малая по яркости, но оказавшаяся в месте Северного полюса мира на небосводе, Полярная звезда (в созвездии Малой Медведицы).

Навигационные звезды — звезды, с помощью которых в авиации, мореплавании и космонавтике определяют местонахождение и курс транспортного средства.

Для ориентирования в Северном полушарии Земли используются следующие 14 звезд из различных созвездий: Полярная звезда (Малая Медведица); Арктур (Волопас); Вега (Лиры); Капелла (Возничий); Поллукс (Близнецы); Альтаир (Орел); Регул (Лев); Альдебаран (Телец); Денеб (Лебедь); Бетельгейзе (Орион); Процион (Малый Пес); Альферац (Андромеда); Хамаль (Овен); Мирфак (Персей). В Южном полушарии, помимо данных 14 звезд, используются еще 3: Сириус (Большой Пес); Спика (Дева); Антарес (Скорпион). Чаще всего ориентируются по Полярной звезде, т.к. она не меняет своего положения в течение суток.

**Созвездия** – участок небесной сферы, границы которого определены специальным решением Международного астрономического союза (МАС).

Самые большие размеры имеет созвездие Гидра (1303 квадратных градуса), самое маленькое – Южный крест (68 квадратных градуса). Из видимых в Северном полушарии самое большое созвездие – Большая Медведица (1280 квадратных градуса).



Видимый годовой путь Солнца проходит через 13 созвездий: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Змееносец, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы. Двенадцать из них – зодиакальные, 12 из них называют зодиаком. В каждом из них Солнце проводит примерно один месяц.

**Астеризм** — легко различимая группа звезд, имеющая исторически устоявшееся самостоятельное название. Один из самых известных астеризмов на небе — Большой Ковш, находящийся в созвездии Большая Медведица. Астеризмы часто используют в навигации, поэтому их условно разделяют на два основных типа: астеризмы-указатели — пары звезд, которые по условной линии, проведенной между ними, указывают на ночном небе направление на другие

звезды, и навигационные. Первый тип помогает астрономам лучше ориентироваться в звездном небе, второй — используют мореплаватели и путешественники для ориентации на местности.

## **II Летоисчисление и его точность.**

Слово «календарь» пришло к нам из Древнего Рима, оно происходит от латинских слов *calo* — провозглашать и *calendarium* — долговая книга. Такое название обусловлено тем, что в Древнем Риме начало каждого месяца провозглашалось особо, причем по первым числам каждого месяца было принято уплачивать проценты по долгам.

**Календарь** — непрерывная система счисления больших промежутков времени, основанная на периодичности явлений природы, особенно отчетливо проявляющейся в небесных явлениях (движении небесных светил). В Древнем мире не было единой системы счета времени. Каждый народ использовал свой тип календаря; известны календарные системы, созданные в Древнем Египте, Китае, Риме и т.д.

Все **календари** можно подразделить на следующие **типы**:

1) *Лунные*. Точная продолжительность лунного месяца составляет в среднем 29,5 сут. Была принята разная продолжительность лунных месяцев: 29 или 30 сут. Двенадцать лунных месяцев включают 354 сут., а продолжительность солнечного года — полных 365 сут. Лунный год оказался короче на 11 сут., поэтому его необходимо было привести в соответствие с продолжительностью солнечного года. В ином случае начало года по лунному календарю со временем будет перемещаться по временам года (зима, осень, лето, весна). К такому календарю невозможно привязать ни ведение

сезонных работ, ни проведение ритуальных мероприятий, связанных с солнечным годовым циклом.

Поэтому в определенные годы в лунный календарь вставляли дополнительный месяц. Наиболее точное соответствие лунного и солнечного календарей дает использование 19-летнего цикла, при котором в течение 19 солнечных лет по определенной системе в лунный календарь добавляются 7

дополнительных лунных месяцев. Длительность 19 солнечных лет отличается от длительности 235 лунных месяцев всего на 2 ч. Для практического использования лунный календарь не очень-то удобен, но в мусульманских странах он принят и в наши дни.

2) *Лунно-солнечные.* Лунно-солнечными календарями уже в глубокой древности пользовались в Китае и Индии. Было замечено, что появление определенных звезд на небе утром или вечером соответствует началу определенного периода в календаре. Такими звездами-ориентирами являлись Ригель, Бетельгейзе, Антарес, Сириус. Особенно пристально в древности следили за положением созвездия Большая Медведица, за его поворотом и положением «ручки» ковша или «хвоста» Медведицы относительно горизонта. С XXI в. до н. э. месяцы в календаре Китая начинались с новолуния, а начало нового года приходилось на время между зимним солнцестоянием и весенним равноденствием. В VII в. до н.э. устанавливается продолжительность года в 365,25 сут., а в IV в. до н.э. через каждые 19 лет вставляются дополнительные месяцы. Примерно за 100 лет до наступления нашей эры в Китае был введен календарь, в котором продолжительность месяца была 29,5 сут., продолжительность года — 365,252 сут. При этом в каждый третий, шестой, девятый, одиннадцатый, четырнадцатый, семнадцатый и девятнадцатый год надо было вставлять дополнительный тринадцатый месяц. Этот процесс называется интеркаляцией.

3) *Солнечный.* Солнечный календарь появился позднее лунного в Древнем Египте, там, где регулярны ежегодные разливы Нила, которые происходили в период летнего солнцестояния. Наблюдая движение Сириуса, египтяне определили продолжительность солнечного года, равную полным 365 сут. Год они поделили на 12 одинаковых месяцев по 30 сут. в каждом, а 5 лишних дней каждого года объявлялись праздниками в честь богов. Однако точная продолжительность солнечного года — 365, 24 сут. В течение 4 лет накапливаются почти полные сутки, следовательно, каждый период из 4 лет наступал на сутки раньше, чем предыдущий. Жрецы знали, как можно исправить

календарь, но не делали этого из религиозных соображений: они считали благом, что восход Сириуса приходится по очереди на все 12 мес. Начало солнечного года, определенное по восходу Сириуса, и начало года по календарю совпадали через 14 60 лет. Такой день и год торжественно отмечали. Позже этот год был назван также Великим, Божественным или Псовым годом (по названию Сириуса, главной звезды в созвездии Большого Пса).

4) *Юлианский солнечный календарь старого стиля.* Продолжительность: 365 сут, введен: Г.Ю. Цезарем в Древнем Риме в 46 г. до н.э. Три года подряд должны состоять из 365 сут, а четвертый – из 366 суток. Год разбивался на 12 месяцев, начало года – 1 января, все нечетные месяцы содержали 31 день, четные – 30, только в феврале было 29 дней (или в високосном - 30).

На Руси юлианский календарь старого стиля был принят в 988 г.

**Введение летоисчисления от Рождества Христова.** В 248 г. эры Диоклетиана настоятель римского монастыря Дионисий Малый поставил вопрос: почему христиане ведут

летоисчисление от воцарения яростного гонителя христиан? Некоим образом он определил, что 248 год эры Диоклетиана соответствует 532 г. от Рождества Христова. Предложение вести счет годам от Рождества Христова сначала не привлекло к себе внимания. Лишь в X V I I в. началось внедрение

такого летоисчисления во всем католическом мире. Наконец, в XVIII в. дионисиево летоисчисление переняли ученые, и его употребление стало повсеместным. Годы стали считать от Рождества Христова, которое принято за начало нашей эры.

5) *Григорианский солнечный календарь нового стиля.* Продолжительность: 365,242500 сут. В 1582 г. юлианский календарь по указу папы римского Григория XIII был реформирован в соответствии с проектом итальянского математика Луиджи Лилио Гаралли. Счет дней передвинули на 10 сут. вперед и условились каждое столетие, не делящееся на 4 без остатка (1700,1800,1900,2100 и т.д.) не считать високосным. Тем самым исправляется ошибка в 3 сут. за каждые 400 лет. Ошибка в 1 сут. набегаем за 2735 лет. Новые столетия и

тысячелетия начинаются с 1 января первого года данного столетия и тысячелетия: так, XXI в. и 3-е тысячелетие начались 1 января 2001 г. по григорианскому календарю.

В нашей стране до Октябрьской революции применялся юлианский календарь старого стиля, ошибка которого к 1917 г. составляла 13 сут. В 1918 г. в стране был введен принятый во всем мире григорианский календарь нового стиля, а все даты сдвинулись на 13 сут. вперед.

### III Оптическая астрономия.

Наблюдения — основной источник информации о небесных телах, процессах, явлениях, происходящих во Вселенной, поскольку они находятся на большом расстоянии и экспериментальные методы изучения к ним не применимы.

**Особенности** наблюдений в астрономии заключаются также в том, что для изучения какого-либо явления необходимы:

- длительные промежутки времени и одновременное наблюдение родственных объектов (пример — эволюция звезд);
- указание положения небесных тел в пространстве (координаты), так как все небесные объекты находятся на большом расстоянии от земного наблюдателя.

Различают следующие **виды** наблюдений:

- получение снимков объекта;
- фотометрия — измерение количества света, приходящего от наблюдаемого объекта;
- спектроскопия — изучение распределения энергии света, приходящей от объекта, по длинам волн (спектр приходящего излучения);
- поляриметрия — изучение поляризации приходящего света.

### История развития астрономических наблюдений.

Год изобретения	Изобретатель	Прибор	Возможности прибора
595 г. до н.э.	Фалес Милетский	гномон (вертик. стержень,	позволил определять время дня, моменты равноденствий, солнцестояний,

		элемент солнечных часов)	продолжительность года, широту наблюдения
129 г. до н.э.	Гиппарх Никейский	астролябия	позволило измерить параллакс Луны, установить продолжительность года в 365,25 сут., определить прецессию, составить звездный каталог из 1008 звезд.
1609 г.	Галилео Галилей	подзорная (зрительная) труба, линзовый телескоп	для наблюдения за звездным небом: трехкратное увеличение (сначала 8 – кратное увеличение, потом 32) Позволило открыть 4 спутника Юпитера (Ио, Каллисто, Ганимед, Европа)

### **Виды оптических телескопов:**

1) Рефрактор (линзовый) - оптический телескоп, в котором для собирания света используется система линз, называемая объективом. Работа таких телескопов основана на преломлении света в линзе (рефракции).

2) Рефлектор - оптический телескоп, использующий зеркало в качестве собирающего элемента.

3) Зеркально – линзовый, в нем в центре кривизны сферического зеркала установлена диафрагма, что позволило устранить искажение световых лучей.

Менисковый, в нем искажение световых лучей компенсировалось мениском (выпукло – вогнутой линзой).

### **Применение телескопов:**

- 1) проводить непосредственные наблюдения;
- 2) фотографировать;
- 3) получать сведения: о колебании энергии излучения (фотоэлектрические), температуре, химическом составе, магнитных полях, движении небесных тел (спектральные).

### **Фотографические наблюдения имеют преимущества:**

- 1) документальность – фиксирование происходящего явления и процессов, продолжительной сохранение полученной информации;
- 2) моментальность – регистрация кратковременных событий;
- 3) панорамность – способность запечатлеть одновременно несколько объектов;



- 4) интегральность – накопление света от слабых источников;
- 5) детальность – возможность рассматривать детали объекта на изображении.

#### **IV Изучение околоземного пространства.**

Околоземное космическое пространство является ближайшей и наиболее доступной исследованию областью космического пространства. Та часть атмосферы, которая расположена над конкретным государством, находится под юрисдикцией этого государства, и проникновение в него л ю б ы х иностранных объектов (самолетов, планеров, аэростатов и т.д.) без разрешения или согласования с органами государственной власти рассматривается как нарушение государственной границы со всеми вытекающими из этого последствиями.

**Околоземное космическое пространство** — это верхний слой атмосферы, внешняя газовая оболочка планеты, вращающаяся вместе с Землей.

**Ближний космос** — это область вокруг Земли, которая начинается над околоземным пространством и заканчивается на границе нашей Солнечной системы.

Решением ООН граница между околоземным пространством и ближним космосом определена на высоте около 100 км над уровнем моря. Ближний космос доступен всем странам без ограничений. Это — зона полетов различных космических аппаратов. Атмосфера здесь практически отсутствует, но физические характеристики ближнего космоса находятся под влиянием Земли, прежде всего ее гравитационного поля. Это влияние уменьшается по мере удаления от нашей планеты и окончательно исчезает только на расстоянии более 900 тыс. км от Земли.

**Этапы освоения ближнего космоса.** Успехи космической программы СССР:

- 1) запуск первого искусственного спутника Земли — 4 октября 1957 г.;
- 2) запуск второго спутника с живым существом на борту — 3 ноября 1957 г.;

- 3) первый полет человека в космос — 12 апреля 1961 г.;
- 4) первый выход человека в открытый космос — 19 марта 1965 г.;
- 5) первая стыковка двух пилотируемых космических кораблей «Союз - 4» и «Союз - 5» — 16 января 1969 г.;
- 6) создание на орбите Земли многомодульной орбитальной станции «Мир» — 20 февраля 1986 г.

### Этапы исследования Солнечной системы:

Дата	Этап исследования
4 января 1959 г	Станция «Луна-1» прошла на расстоянии 60 тыс. км от поверхности Луны и вышла на гелиоцентрическую орбиту. Она стала первым в мире искусственным спутником Солнца
14 сентября 1959 г	Станция «Луна-2» впервые в мире достигла поверхности Луны в районе Моря Ясности вблизи кратеров Аристилл, Архимед и Автолик, доставив вымпел с гербом СССР
4 октября 1959 г	Запущена автоматическая межпланетная станция «Луна - 3», которая впервые в мире сфотографировала невидимую с Земли сторону Луны. Также во время полета впервые в мире был на практике осуществлен гравитационный маневр, состоявший в изменении скорости и орбиты движущегося аппарата только под действием гравитации Луны, без использования топлива. Траектория полета была рассчитана заранее
3 февраля 1966 г	Автоматическая межпланетная станция «Луна-9» совершила первую в мире мягкую посадку на поверхность Луны и передала панорамные снимки Луны
1 марта 1966 г	Станция «Венера-3» впервые достигла поверхности Венеры, доставив вымпел СССР. Это был первый в мире перелет космического аппарата с Земли на другую планету
3 апреля 1966 г	Станция «Луна-10» стала первым искусственным спутником Луны
21 июля 1969 г	Первая высадка человека на Луну (Н.Армстронг) в рамках лунной экспедиции «Аполлон-11», доставившей на Землю в том числе и первые пробы лунного грунта
24 сентября 1970 г	Станция «Луна-16» произвела забор и последующую доставку на Землю образцов лунного грунта. Она же стала первым беспилотным космическим аппаратом, доставившим на Землю пробы породы с другого космического тела
17 ноября 1970 г	Мягкая посадка и начало работы первого в мире полуавтоматического дистанционно управляемого самоходного аппарата «Луноход-1», управляемого с Земли
15 декабря 1970 г	Первая в мире мягкая посадка на поверхность Венеры космического аппарата «Венера-7»
13 ноября 1971 г	Станция «Маринер-9» стала первым искусственным спутником Марса
27 ноября 1971 г	Станция «Марс-2» впервые достигла поверхности Марса
2 декабря 1971 г	Первая мягкая посадка автоматической межпланетной станции «Марс-3» на поверхность Марса
3 марта 1972 г	Запуск первого космического аппарата «Пионер-10», покинувшего впоследствии пределы Солнечной системы
20 октября 1975 г	Станция «Венера-9» стала первым искусственным спутником Венеры

Октябрь 1975 г	Мягкая посадка двух космических аппаратов «Венера-9» и «Венера-10» и первые в мире фотоснимки поверхности Венеры
7 декабря 1995 г	Станция «Галилео» стала первым искусственным спутником Юпитера
24 июня 2000 г	Станция NEAR Shoemaker стала первым искусственным спутником астероида ((433) Эрос)
30 июня 2004 г	Станция «Кассини» стала первым искусственным спутником Сатурна
15 января 2006 г	Станция «Стардаст» доставила на Землю образцы кометы Вильда - 2
17 марта 2011 г	Станция «Мессенджер» стала первым искусственным спутником Меркурия

**Исследование планет и их спутников с помощью космических аппаратов:**

- 1) «Пионер» - программа исследования Луны, межпланетного пространства, Юпитера и Сатурна (США);
- 2) «Вояджер» - программа исследования планет – гигантов (США);
- 3) «Маринер» - исследования Венеры, Марса и Меркурия (США);
- 4) «Марс» - исследования Марса, первая мягкая посадка на его поверхность (СССР);
- 5) «Венера» - программа исследования атмосферы Венеры и ее поверхности (СССР);
- 6) «Викинг» - программа исследования поверхности Марса (США);
- 7) «Вега» - встреча с кометой Галлея, высадка аэрозонда на Венеру (СССР);
- 8) «Фобос» - программа исследований спутников Марса (СССР);
- 9) «Марс - Экспресс» - искусственный спутник Марса, высадка марсохода «Бигль – 2» (Европейское космическое агентство - ЕКА);
- 10) «Галилео» — исследование Юпитера и его спутников (НАСА — Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (США));
- 11) «Кассини» — исследование Сатурна, его колец и спутников (НАСА (США), ЕКА);
- 12) «Гюйгенс» — зонд для исследования атмосферы Титана (ЕКА);

- 13) «Розетта» — исследование ядра кометы Чурюмова — Герасименко (ЕКА);
- 14) «Мессенджер» — исследование Меркурия (НАСА (США));
- 15) «Магеллан» — исследование Венеры (НАСА (США));
- 16) «Новые горизонты» — исследование Плутона и его спутников (НАСА (США));
- 17) «Венера-экспресс» — исследование Венеры (ЕКА);
- 18) «Эволюция атмосферы и летучих веществ на Марсе» — исследование атмосферы Марса (НАСА (США));
- 19) «Солнечный зонд» — исследование Солнца, его короны и магнитных полей (НАСА (США));
- 20) «Обсерватория солнечной динамики» — исследование Солнца и его влияния на Землю и околоземное пространство путем изучения солнечной атмосферы (НАСА (США));
- 21) SOHO — изучение состояния солнечной атмосферы, активности солнечных корон и ветра (ЕКА, НАСА (США));
- 22) «ИНСАЙТ» — изучение внутреннего строения и состава Марса (США);
- 23) «Марс Скаут» — космическая программа по изучению Марса (НАСА (США)):
  - Phoenix — исследование почвы в полярном регионе планеты;
  - «Марс Патфайндер» — фотографирование, изучение метеоусловий (НАСА (США)).

Большое количество информации о Марсе передали марсоходы в рамках программы «Исследовательские марсоходы» (Mars Exploration Rover): «Спирит», «Оппортьюнити», «Кьюриосити».

## **V Астрономия дальнего космоса.**

Все космическое пространство за пределами Солнечной системы относится к дальнему космосу. Исследования дальнего космоса — это новые

необычайные и удивительные открытия в области изучения небесных тел, процессов их формирования и эволюции Вселенной в целом.

Большую часть информации о дальнем космосе мы можем получить только на основании наблюдений с помощью наземных и космических телескопов, регистрации космических излучений практически во всех диапазонах электромагнитных волн: гамма – излучение, рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное, микроволновое и радиоизлучение.

### **Тема 2.1. Система «Земля—Луна». Природа Луны.**

**Цель: Познакомиться с этапами эволюции Солнечной системы. Познакомиться с эволюцией календарного солнечного и лунного время исчисления, с лунными и солнечными затмениями.**

#### **Гипотезы происхождения Солнечной системы.**

1) в XVIII в. немецкий философ И. Кант предположил, что Солнечная система образовалась из облака холодных частиц, находящихся в непрерывном и хаотичном движении.

2) в 1796 г. французский ученый П. Лаплас предположил, что происхождение Солнечной системы связано с постоянно вращающейся туманностью, полностью состоящей из газа.

3) Британец Д. Джинс предположил, что своим появлением Солнечная система обязана тесному сближению Солнца с другой звездой, вытянувшей из Солнца сигарообразную струю вещества, из которой потом образовались все планеты.

4) в 1944 г. советский астроном О.Ю. Шмидт предположил, что средой, которая служит для образования планет, является фрагмент межзвездного облака, состоящей из газопылевой смеси. В нем в результате хаотичных столкновений частиц образуются многочисленные сгущения. Крупные образования постепенно увеличиваются в размерах и становятся плотнее. Образуются «планетезимали» - «зародыши» будущих планет.

**Этапы формирования Солнечной системы.** Формирование Солнечной системы началось 5-4,6 млрд лет назад с гравитационного сжатия небольшой части, медленно вращающегося межзвездного газопылевого облака (состоявшего из водорода, гелия и тяжелых элементов, оставшихся после звезд предыдущих поколений). Во время сжатия скорость вращения облака увеличилась, температура и плотность вещества возрастали. При температуре в несколько тысяч кельвинов центральная область диска начала светиться – сформировалась протозвезда. Когда температура в центре протозвезды достигла миллионов градусов, началась реакция термоядерного синтеза гелия из водорода. Во внешней области диска крупные сгущения образовали планеты, вращающиеся вокруг центрального светила примерно в одной плоскости и в одном направлении, а также их спутники, астероиды и другие малые тела Солнечной системы. Ближе к Солнцу температура была очень высокой, поэтому легкие газы (водород, гелий) вытеснялись на периферию, а на внутренних планетах происходило накопление более тяжелых элементов. В дальнейшем температура понизилась и появилась возможность удерживать легкие элементы, поэтому планеты – гиганты в отличие от внутренних членов системы не являются плотными и каменными. Они могут иметь твердое ядро, но большей частью состоят из жидкости, имеют очень мощную атмосферу, богатую водородом и гелием.

Несколько сотен миллионов лет формирования Солнечной системы множество тел двигались вокруг Солнца по различным орбитам, сталкиваясь друг с другом. При этом часть из них разрушалась, часть объединялась в более крупные образования. Удары, которые происходили при столкновениях, способствовали тому, что орбиты планет стали похожими на окружности, а со временем их движение вокруг Солнца приобрело устойчивый характер. Множество тел нашей Солнечной системы до сих пор хранит следы древней бомбардировки, произошедшей через 500 - 600 млн лет после ее формирования. Этот период длился несколько сотен миллионов лет, и его последствия видны до

сих пор на поверхности Луны и Меркурия, других планет, их спутников и астероидов в виде многочисленных кратеров ударного происхождения.

### **Основные закономерности движения планет Солнечной системы.**

Гипотеза происхождения Солнечной системы хорошо объясняет основные наблюдаемые закономерности:

- орбиты всех планет и большинства астероидов близки к окружностям;
- плоскости орбит лежат приблизительно в одной плоскости;
- все планеты обращаются вокруг Солнца в одну сторону, в том же направлении, что и движение Солнца вокруг своей оси, причем направление их осевого вращения, кроме Венеры, Урана и Плутона, совпадает с направлением движения по орбите;
- возраст Земли, Луны, Меркурия и других тел примерно равен 4,5 млрд лет.

**Эволюция Солнечной системы.** В начале своего существования Солнечная система выглядела совершенно по-другому. Внешняя Солнечная система была гораздо компактнее по размеру, чем сейчас, пояс Койпера был гораздо

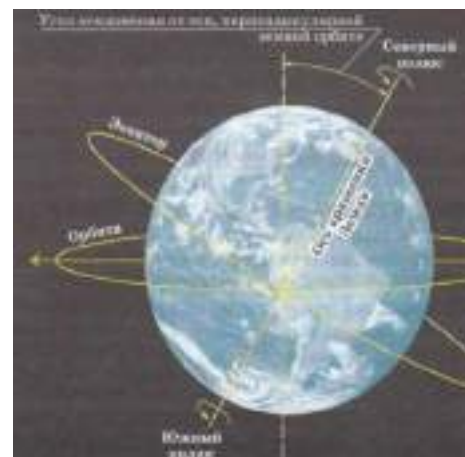
ближе к Солнцу, а во внутренней Солнечной системе помимо сохранившихся до настоящего времени небесных тел существовали и другие объекты по размеру не меньше Меркурия. В настоящее время Солнечная система является устойчивой в том смысле, что никакая из планет не может столкнуться с другой или быть выброшенной за пределы системы в ближайшие несколько миллиардов лет. Но, конечно, и сейчас возможны столкновения планет с астероидами и кометами, гравитационное взаимодействие планет со спутниками приводит к изменению скорости их движения. Кроме того, через 4 - 5 млрд лет светимость Солнца возрастет и условия на Земле станут непригодными для жизни.

### **Система «Земля—Луна».**

**Место Земли в Солнечной системе:** Земля — третья планета от Солнца и пятая по размеру среди всех планет Солнечной системы. Она является также

крупнейшей по диаметру, массе и плотности среди планет земной группы. Кроме того, Земля среди этих четырех планет имеет наибольшую плотность, поверхностную гравитацию и магнитное поле. Примерная дата образования Земли —  $(4,54 \pm 0,04)$  млрд лет назад. Весь процесс формирования планеты занял примерно 10 - 20 млн лет.

Это — единственная известная планета с активной тектоникой плит, морями и океанами. Приблизительно 70,8 % поверхности планеты занимает Мировой океан. Форма Земли (геоид) близка к эллипсоиду (сплюснутому шару). Экваториальный радиус составляет 6378,1 км, полярный радиус – 6356,8 км.

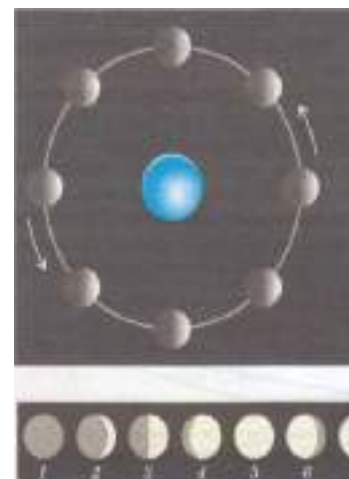


Средняя плотность Земли –  $5520 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , масса –  $5,97 \cdot 10^{24}$  кг. Земля движется со скоростью примерно  $30 \frac{\text{км}}{\text{с}}$  вокруг Солнца. Ось вращения Земли при движении остается параллельной самой себе и наклонена к плоскости орбиты под углом  $66^{\circ}30'$ , поэтому происходит смена времен года.

**Образование Луны.** Луна сформировалась позже Земли, примерно  $4,527 \pm 0,01$  млрд лет назад. Она образовалась путем гравитационного сжатия из вещества, оставшегося после касательного столкновения Земли с объектом, по размеру близким Марсу и массой 10-12% от земной массы (предположительно этот объект Тейя). При столкновении испарились внешние слои Земли и оба тела расплавились. Часть мантии была выброшена на орбиту Земли, под влиянием собственной силы тяжести выброшенный материал принял сферическую форму и образовалась Луна. Радиус Луны составляет 1700 км, средняя плотность -  $3300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , скорость движения вокруг Земли -  $1000 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .



**Фазы Луны.** Луна – второй по яркости объект после Солнца, она светит отраженным солнечным светом. Освещенная сторона Луны (фаза) всегда указывает в сторону Солнца, даже если оно скрывается за горизонтом. С изменением взаимного расположения Земли, Луны и Солнца терминатор (граница между освещенной и неосвещенной частями диска Луны) перемещаются, что и вызывает изменение очертаний видимой части Луны.



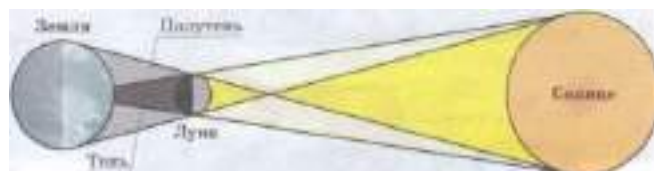
Луна проходит следующие фазы:

- 1) новолуние – состояние, когда Луна не видна;
- 2) модульная луна – первое после новолуния появление Луны на небе в виде узкого серпа;
- 3) первая четверть – состояние, когда освещена половина Луны;
- 4) прибывающая Луна;
- 6) убывающая Луна;
- 7) последняя четверть – состояние, когда снова освещена другая половина диска Луны;
- 8) старая Луна.

Полный цикл смены фаз составляет примерно 29,5 сут. и называется синодическим месяцем. Полный оборот вокруг Земли Луна совершает за 27,3 сут. и называется сидерическим месяцем.

### **Солнечные и лунные затмения.**

**Солнечное затмение** – астрономическое явление, которое заключается в том, что Луна частично или полностью закрывает (затмевает) Солнце от наблюдения на Земле.



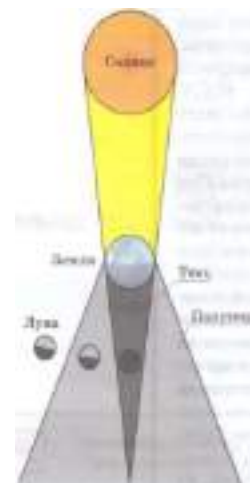
Полное солнечное затмение наблюдается только в узкой полосе на пути тени. Вокруг скрытого Луной солнечного диска можно увидеть солнечную корону, которая при обычном ярком свете Солнца не видна. Во время полного солнечного затмения космонавты, находящиеся на орбите, могут наблюдать на поверхности Земли бегущую тень от Луны. Наблюдатели, находящиеся вблизи полосы полного затмения, могут видеть его как частное солнечное затмение.

При частном затмении Луна проходит по диску Солнца не точно по центру, скрывая только его часть. При этом небо темнеет гораздо меньше, чем при полном затмении, звезды не появляются. Частное затмение может наблюдаться на расстоянии порядка 2 тыс. км от зоны полного затмения.

Помимо полных и частных солнечных затмений бывают кольцеобразные затмения. Кольцеобразное затмение происходит, когда в момент затмения Луна находится на большем удалении от Земли, чем во время полного затмения, и конус тени проходит над земной поверхностью, не достигая ее. Визуально при кольцеобразном затмении Луна проходит по диску Солнца, но оказывается меньше Солнца в диаметре, и не может скрыть его полностью. В максимальной фазе затмения Солнце закрывается Луной, но вокруг Луны видно яркое кольцо незакрытой части солнечного диска. Небо при кольцеобразном затмении остается светлым, звезды не появляются, наблюдать корону Солнца невозможно.

За год на Земле может происходить от 2 до 5 солнечных затмений, но в одном месте полные солнечные затмения повторяются не чаще 200-300 лет.

**Лунное затмение** — затмение, которое наступает, когда Луна входит в конус тени, отбрасываемой Землей. Лунное затмение может наблюдаться на всем полушарии Земли, обращенный в этот момент к Луне и его вид везде одинаков. Во время затмения Луна не исчезает полностью, а становится темно-красной (т.к. продолжает освещаться рассеянными в атмосфере солнечными лучами). За год на Земле наблюдается до 3 лунных затмений.



## Приливы и отливы океана.

**Прилив и отлив** – периодические вертикальные колебания уровня океана или моря. Они объясняются действием гравитационного притяжения водных масс к Луне и к Солнцу (в меньшей степени).



На поверхности океана, обращенной к Луне, образуется водяной бугор, поскольку Земля вращается вокруг своей оси, то он будет перемещаться вслед за движением Луны. За каждые 24 ч 52 мин в одном месте бывает 2 прилива и 2 отлива. Т.к. Солнце находится на большем удалении от Земли, его приливы в 2,5 раза меньше лунных. Во время полнолуний и новолуний, когда Солнце, Земля и Луна находятся на одной линии, лунные и солнечные приливы складываются и достигают самой большой величины. Когда Луна находится в первой или последней четверти, во время лунного прилива будет солнечный отлив. Приливы и отливы происходят также в атмосфере и земной коре. Поднятие земной коры незначительно, но его определяют с помощью специальных приборов.

**Природа Луны.** Луна — естественный спутник Земли. Она является вторым по яркости объектом на земном небосводе после Солнца и пятым по величине естественным спутником планеты Солнечной системы. Луна представляет собой единственный астрономический объект, на котором побывал человек. Среднее расстояние между центрами Земли и Луны — 384467 км. Сила тяжести на Луне в 6 раз меньше силы тяжести на Земле. Луна не имеет магнитного поля, подобного земному. Для наблюдателя на Луне видимый диск Земли примерно в 3,5 раза больше солнечного диска. Ввиду практического отсутствия атмосферы небо на Луне всегда черное, с хорошо видимыми звездами, даже когда Солнце находится над горизонтом. На небе Луны видны те же самые созвездия, что и на небе Земли. Из-за отсутствия атмосферы яркие звезды и планеты видны на Луне и днем. На протяжении лунного дня, длящегося 14,8

земных суток, поверхность Луны сильно нагревается, а затем охлаждается в ночное время. Отсутствие атмосферы приводит к высокому перепаду температур на поверхности Луны от  $-173^{\circ}\text{C}$  ночью до  $127^{\circ}\text{C}$  днем, при этом температура пород, залегающих на глубине 1 м, постоянна и равна  $35^{\circ}\text{C}$ . На поверхности Луны нет воды. Однако в конце 1990-х гг. в результате полетов автоматической межпланетной станции «Клементина» было сделано предположение о том, что под поверхностным слоем пород некоторых кратеров существуют немалые запасы льда.

Большую часть времени мы видим Луну, окрашенную в пепельно-серый цвет, но известны случаи, когда на небе появлялась Луна голубого цвета. Оказалось, что во время обширных пожаров или извержений вулкана крупные по сравнению с молекулами воздуха частицы пепла рассеивают световые волны, по своей длине соответствующие синему цвету и его оттенкам. Например, в 1950 г. в Канаде наблюдалась голубая Луна из-за пожара на торфяниках.

**Поверхность Луны.** Луна покрыта кратерами разных размеров в диаметре от ударов о ее поверхность метеоритов и ядер комет. На Луне можно выделить три основных типа образований:

- 1) моря — обширные, темные и довольно плоские участки поверхности, покрытые базальтовой лавой;
- 2) материки — яркие приподнятые области, заполненные множеством больших и малых круглых кратеров, часто перекрывающихся;
- 3) горные цепи, такие как Апеннины, и небольшие горные системы, подобные той, что окружают кратер Коперник.

**Лунные породы.** Поверхность Луны покрыта реголитом — смесью тонкой пыли и скалистых обломков, образующихся в результате столкновений метеоритов с лунной поверхностью. Ударно-взрывные процессы, сопровождающие метеоритную бомбардировку, способствуют взрыхлению и перемешиванию грунта, одновременно спекая и уплотняя частицы грунта. Толщина слоя реголита составляет от долей метра до десятков метров. Под реголитом лежит слой пород, выброшенных при образовании крупных кратеров

толщиной от нескольких десятков до сотен метров. Еще ниже, до глубины примерно 1 км, располагаются растрескавшиеся от многочисленных ударов базальтовые породы. Образцы лунных пород внешне похожи на земные изверженные базальты. В состав их входят хорошо известные на Земле химические элементы (Si, Al, Fe, Ca, Mg и др.). Но в лунных породах больше, чем в земных, содержится тугоплавких элементов (Ti, Zr, Сг и др.) и меньше — легкоплавких (Pb, K, Na и др.). Химический состав различных участков поверхности Луны неодинаков. Лунные породы относятся к очень древним — их возраст составляет около 4,46 млрд лет, причем самыми молодыми оказались образцы, доставленные из морских районов. Моря покрыты вулканическими породами, образовавшимися в результате лавовых излияний, вызванных ударами о поверхность Луны небольших астероидов около 4 млрд лет назад. Когда-то лунные моря были настоящими морями, только не с водой, а с расплавленной лавой. На Луне давно завершилась эпоха активного вулканизма. С течением времени уменьшалась и интенсивность метеоритной бомбардировки лунной поверхности. Благодаря этому на протяжении последних 2-3 млрд лет вид Луны практически не изменялся. Еще и сейчас происходят лунотрясения (напоминающие слабые землетрясения). Они зарегистрированы сейсмографами, установленными на Луне астронавтами. Данные этих приборов позволили исследовать внутреннее строение Луны, выделив кору (толщиной от 60 до 100 км на обратной стороне), мантию (до 1000 км) и ядро (его радиус около 750 км).

## Тема 2.2. Планеты земной группы.

**Цель:** Познакомиться с планетами земной группы.

К планетам земной группы относят: Меркурий, Венера, Земля и Марс.



Они обладают высокой плотностью и состоят преимущественно из кислорода, кремния, железа, магния, алюминия и других тяжелых элементов (в отличие от газовых планет и каменно-ледяных карликовых планет).

### Сравнительная характеристика планет земной группы.

Планета	Диаметр относительно диаметра Земли	Масса относительно массы Земли	Среднее расстояние от Солнца, а. е. (по сравнению со средним расстоянием от Солнца до Земли)	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Период обращения вокруг своей оси, сут.	Средняя плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Количество спутников
Меркурий	0,382	0,055	0,38	0,241	58,6	5427	0
Венера	0,949	0,815	0,72	0,615	243	5243	0
Земля	1	1	1	1	1	5515	1
Марс	0,53	0,107	1,52	1,88	1,03	3933	2

**Меркурий** – самая маленькая планета Солнечной системы. Его магнитное поле в 100 раз слабее земного, но достаточное, чтобы влиять на движение солнечного ветра вокруг планеты, создавая магнитосферу. На нем нет смены времен года, т.к. ось вращения почти перпендикулярна плоскости орбиты. Дневная сторона Меркурия прогревается на  $427^{\circ}\text{C}$ , а на ночной падает до  $-173^{\circ}\text{C}$ . Планета практически лишена атмосферного слоя, поэтому не способна обеспечивать равномерное распределение нагрева. Его поверхность быстро нагревается и остывает, но на глубине 1 м суточные колебания не ощущаются и температура стабилизируется ( $75^{\circ}\text{C}$ ). Поверхность Меркурия однородна и покрыта кратерами. От молодых кратеров в разные стороны тянутся световые лучи, их размеры различны. На Меркурии присутствует много зубчатых откосов длиной сотни километров – уступов (эскарпов). Изучение их структуры показало, что они образовались при сжатии, сопровождавшем остывание планеты, в результате которого площадь поверхности Меркурия уменьшилась на 1 %.

**Венера** — вторая от Солнца планета, которая является самой горячей планетой Солнечной системы.

Это — третий по яркости объект на небе Земли, после Солнца и Луны. Венера не имеет магнитного поля. Ее вращение вокруг своей оси — обратное, т.е. происходит в направлении, противоположном движению планеты вокруг Солнца. Давление атмосферы на Венере в 90 раз больше, чем на Земле. Атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа (96,5 %) и азота (3,5 %). Содержание других газов очень мало: диоксида серы — 0,018 %, аргона — 0,007 %, водяного пара — 0,003 %, остальных составляющих — еще меньше. Облака на Венере состоят из капелек серной и соляной кислоты. Углекислый газовый океан и плотные облака создают сильный парниковый эффект у поверхности планеты. Они делают поверхность Венеры самой горячей в Солнечной системе, хотя планета расположена вдвое дальше от Солнца и получает на единицу площади вчетверо меньше энергии, чем Меркурий. Температура поверхности достигает 480 К. Вода в жидком состоянии при такой температуре находиться не может. Из-за плотных облаков поверхность Венеры недоступна оптическим наблюдениям, поэтому ее изучение в основном проводилось с помощью радиолокации. Большую часть площади поверхности Венеры занимают холмистые равнины (65 %). Среди них возвышаются обширные плоскогорья. Остальные 35 % поверхности планеты распределены между низменностями (27 %) и возвышенностями (8%). Ударные кратеры — редкий элемент венерианского пейзажа (всего их около 1000).

**Марс** — четвертая от Солнца планета Солнечной системы. У Марса есть 2 небольших естественных спутника: Фобос и Деймос, при вращении вокруг него они обращены одной стороной. Марс имеет слабое магнитное поле (в 500 раз меньше земного). Планету окружает разреженная атмосфера, состоящая из углекислого газа (95 %), азота (2 %), водяного пара (0,01 %), кислорода (0,3 %). Давление у поверхности в 160 раз меньше земного. Марс получает в 2,3 раза меньше тепла от Солнца, чем Земля, т.к. находится дальше от него. Средняя температура - 60<sup>0</sup>С. Летом на дневной половине планеты воздух прогревается до 20<sup>0</sup>С (на экваторе до 27<sup>0</sup>С), зимой ночью — понижается от -80<sup>0</sup>С до -125<sup>0</sup>С (на полюсах до -143<sup>0</sup>С). Разреженная атмосфера не в состоянии хранить тепло. Из-

за наклона оси вращения к плоскости орбиты на Марсе есть смена времен года. В полдень небо Марса желто-оранжевое из-за свойств тонкой, разреженной, содержащей взвешенную пыль атмосферы. Испарение углекислого газа в полярных шапках приводит к возникновению ветров со скоростью от 10 до 100 м/с. Ветер поднимает пыль с поверхности, что приводит к пылевым бурям, которые длятся несколько месяцев. Основная составляющая почвы – кремнезем (20-25%) и примесь гидратов оксидов железа (до 15%), придающий почве красноватый цвет. Имеются значительные примеси соединений серы, кальция, алюминия, магния, натрия. Под поверхностью Марса обнаружены обширные скопления льда с примесью твердой углекислоты. Особенностью рельефа Марса являются ударные кратеры, вулканы, долины, пустыни и полярные ледниковые шапки. Полушария Марса сильно различаются по характеру поверхности. В южном полушарии поверхность возвышается на 1-2 км над средним уровнем и густо усеяна кратерами. Эта часть Марса напоминает лунные материки. На севере большая часть поверхности находится ниже среднего уровня, здесь мало кратеров, и основную часть занимают относительно гладкие равнины, вероятно, образовавшиеся в результате затопления лавой и эрозии. В настоящее время из-за низкого давления вода в жидком состоянии на поверхности Марса присутствовать не может, но найденные следы высохших русел рек свидетельствуют, что в прошлом вода покрывала значительную часть поверхности Марса. Предполагают, что в то время Марс окружала более плотная атмосфера и было теплее. Несмотря на это, признаков жизни на Марсе не обнаружено.

### Тема 2.3. Планеты-гиганты.

**Цель: Познакомиться с планетами –гигантами Солнечной системы**

**Планеты-гиганты** – это 4 внешние планеты, расположенные за пределами пояса астероидов: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.





В отличие от каменных планет земной группы планеты – гиганты являются газовыми планетами, обладают значительно большими размерами и массой, более низкой средней плотностью ( $1,4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ), быстрым вращением, а также кольцами и большим количеством спутников.

### Основные сведения о планетах-гигантах.

Планета	Средний радиус относительно радиуса Земли	Масса относительно массы Земли	Среднее расстояние от Солнца, а. е.	Сидерический период, земных лет	Средняя плотность, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Ускорение свободного падения, $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	Число спутников
Юпитер	11,2	318	5,2	11,86	1,3	25,8	не менее 67
Сатурн	9,41	95	9,54	29,46	0,7	11,3	не менее 47
Уран	3,98	14,6	19,22	84,01	1,4	9	не менее 27
Нептун	3,81	17,2	30,06	164,79	1,6	11,6	не менее 13

Все планеты-гиганты имеют мощные протяженные атмосферы, состоящие в основном из молекулярного водорода и гелия (от 6 до 15 % по объему), также присутствуют метан, аммиак, вода и еще более сложные соединения. Газы их атмосфер уплотняются к центру, превращаясь в жидкость, а затем — в твердое ядро, состоящее из металлического водорода (при высоком давлении и температуре водород приобретает свойства металлов). Произведенные расчеты показывают, что у Урана и Нептуна над ядром должна находиться мантия из смеси водяного и аммиачно-метанового льда. Поэтому эти планеты иногда называют ледяными гигантами, а Юпитер и Сатурн — газовыми гигантами. Из-за быстрого вращения планеты значительно сжаты на полюсах. Их экваториальный радиус значительно больше полярного. Скорость вращения экваториальных зон больше, чем полярных. В атмосферах газовых планет дуют мощные ветры со скоростью до нескольких тысяч километров в час. Имеются постоянные атмосферные образования, представляющие собой гигантские бури. Например, Большое красное пятно (размером в несколько раз больше Земли) на Юпитере наблюдают уже более 300 лет. Имеется Большое темное пятно на Нептуне, более мелкие пятна — на Сатурне. Вокруг планет обнаружены сильные магнитные поля. На полюсах Юпитера и Сатурна наблюдались мощные

полярные сияния. Удивительный факт: Юпитер, Сатурн и Нептун выделяют существенно больше энергии, чем получают от Солнца.

**Юпитер** — самая большая планета Солнечной системы. Масса Юпитера в 2,47 раза превышает суммарную массу всех остальных планет Солнечной системы, вместе взятых. Во время великих противостояний, ближайшее из которых состоится в 2022 г., Юпитер виден невооруженным глазом как один из самых ярких объектов на ночном небосклоне после Луны и Венеры. Четыре самых крупных спутника Юпитера хорошо видны даже в небольшой телескоп. Характерной особенностью внешнего облика Юпитера являются его красно-коричневые полосы, связанные с интенсивными атмосферными процессами. Большое красное пятно — самая мощная буря в Солнечной системе. Красный цвет устойчивой гигантской бури Большое красное пятно представляет собой загадку. Одной из возможных причин такого окрашивания могут быть химические соединения, содержащие фосфор. Буря выглядит, как темно-красная сфера, окруженная желтыми, оранжевыми и белыми слоями. Сила тяжести на поверхности Юпитера, за которую обычно принимают верхний слой облаков, более чем в 2,4 раза превосходит земную. Температура на уровне облачного слоя в атмосфере Юпитера составляет - 140 °С. Юпитер имеет самое сильное магнитное поле из всех планет, которое на полюсах в 20 тыс. раз сильнее земного. Оно простирается на миллионы километров в космос, достигая при этом орбиты Сатурна.

Юпитер окружен большим количеством спутников, на сегодняшний момент открыто 69 спутников.



Четыре самых крупных спутника — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто — были открыты еще в 1610 г. Галилео Галилеем.

Все крупные спутники Юпитера вращаются синхронно и всегда обращены к Юпитеру одной и той же стороной вследствие влияния мощных приливных сил планеты-гиганта.

Ио — самый близкий к планете из четырех галилеевых спутников; является наиболее геологически активным телом Солнечной системы, на нем находится более 400 действующих вулканов. На большей части поверхности Ио простираются обширные равнины, покрытые замороженной серой или диоксидом серы.

Поверхность Европы покрыта слоем льда толщиной от 50 до 100 км и является одной из самых гладких в Солнечной системе; на ней очень мало кратеров, но много трещин, а подо льдом расположен океан. У спутника есть крайне разреженная атмосфера, состоящая в основном из кислорода.

Ганимед — единственный спутник Солнечной системы, обладающий собственным магнитным полем. Он состоит из примерно равного количества силикатных пород и водяного льда. Предположительно, в его недрах на глубине около 200 км между слоями льда есть океан жидкой воды.

Каллисто — второй по размеру спутник Юпитера и третий по величине спутник в Солнечной системе после Ганимеда и Титана. Наибольшая характерная особенность поверхности Каллисто — многокольцевые структуры («цирки»), а также большое количество ударных кратеров различной формы. Спутник окружен чрезвычайно разреженной атмосферой, состоящей из углекислого газа и кислорода.

**Сатурн** — шестая планета от Солнца, и вторая по размерам планета в Солнечной системе после Юпитера. Внешняя атмосфера спокойна и однородна, хотя иногда на ней появляются долговременные образования. Облака на северном полюсе Сатурна образуют гигантский шестиугольник и в течение 20 лет сохраняют свою структуру, несмотря на вращение. Скорость ветра на Сатурне может достигать местами 1800 км/ч. Температура на уровне обычного слоя составляет  $-176^{\circ}\text{C}$ . У Сатурна есть магнитное поле, занимающее промежуточное положение по напряженности между магнитным полем Земли и мощным полем Юпитера. Сатурн обладает самой заметной системой колец, состоящей главным образом из частичек льда, тяжелых элементов и пыли. Существует 3 основных кольца и четвертое — более тонкое. Все вместе они

отражают больше света, чем диск самого Сатурна. Кольца не являются сплошным твердым телом, а состоят из миллиардов мельчайших частиц, находящихся на околопланетной орбите. Они очень тонкие (при диаметре 250 тыс. км их толщина не достигает и километра).

Самый крупный спутник Сатурна – Титан, это второй по размерам спутник в Солнечной системе (после Ганимеда, спутника Юпитера). Титан превосходит по своим размерам Меркурий и обладает единственной среди спутников планет Солнечной системы плотной атмосферой (в 1,5 раза плотнее земной), состоящей из азота (98%) с примесью метана. Его рельеф имеет следы действия жидкости, имеются камни округлой формы (размером до 15 см), несущие следы воздействия жидкости (галька).

**Уран и Нептун** — седьмая и восьмая планеты Солнечной системы. Планеты находятся далеко от Земли и Солнца и невооруженным глазом наблюдать мы их не можем. Это чрезвычайно холодные миры, их температура в верхних слоях атмосферы близка к  $-220$  °С. Масса и размер планет, состав атмосфер, внутреннее строение очень похожи. Отличительной особенностью Урана является ориентация в пространстве — его ось вращения лежит как бы «на боку» относительно плоскости обращения этой планеты вокруг Солнца (ось вращения наклонена на  $98^\circ$  и лежит почти

в плоскости его орбиты). Вследствие этого планета бывает обращена к Солнцу попеременно то северным полюсом, то южным, то экватором, то средними широтами. Поэтому движение Урана вокруг Солнца совершенно особенное: он катится вдоль своей орбиты, переворачиваясь с боку на бок. Возможно, это произошло из-за того, что уже сформировавшаяся планета Уран столкнулась с каким-то другим довольно крупным небесным телом, в результате чего ее ось вращения сильно отклонилась от первоначального направления. У Урана атмосфера выглядит однородно, в то время как поверхность Нептуна охвачена быстро движущимися облаками и бурями. В атмосфере Нептуна бушуют самые сильные ветры среди планет Солнечной системы, по некоторым оценкам, их скорость может достигать 2100 км/ч. Кольца вокруг Урана

относительно большие и широкие (больше — только у Сатурна), а кольца Нептуна очень трудно увидеть даже в очень мощный телескоп.

Из 27 известных спутников Урана можно выделить пять самых крупных: Миранда, Ариэль, Умбриэль, Титания и Оберон. Наибольший из спутников, Титания, имеет радиус всего в 788,9 км, что менее половины радиуса Луны. Спутниковая система Урана наименее массивна среди спутниковых систем газовых гигантов. Крупнейший спутник Нептуна — Тритон. В отличие от всех остальных крупных спутников планет в Солнечной системе Тритон обладает ретроградной орбитой, т. е. движется противоположно вращению самого Нептуна. Возможно, он был захвачен гравитацией Нептуна, а не сформировался на месте. Тритон — один из немногих геологически активных спутников в Солнечной системе. На его поверхности обнаружены следы тектонической активности, замысловатый рельеф и многочисленные азотные фонтаны, бьющие ввысь на несколько километров.

#### **Тема 2.4. Астероиды и метеориты. Закономерность в расстояниях планет от Солнца. Орбиты астероидов. Два пояса астероидов. Физические характеристики астероидов. Метеориты.**

**Цель: Познакомиться с астероидами, метеоритами и другими малыми телами Солнечной системы, их морфологией.**

**Классификация объектов Солнечной системы Международного астрономического союза.**

В 2006 г. на XXVI Ассамблее Международного астрономического союза (МАС) была принята классификация объектов Солнечной системы, в том числе карликовых планет и малых тел.

**Карликовая планета** — это небесное тело, которое:

- обращается по орбите вокруг Солнца;
- имеет достаточную массу для того, чтобы под действием сил гравитации поддерживать близкую к сферической форму;
- не является спутником планеты;

- не может в отличие от планет расчистить район своей орбиты от других объектов.

**Малые тела Солнечной системы** — это объекты Солнечной системы, которые не являются ни планетами, ни карликовыми планетами, ни их спутниками. Орбиты подавляющего большинства малых тел Солнечной системы расположены в двух различных областях: поясе астероидов, находящемся между орбитами Марса и Юпитера, и поясе Койпера, располагающемся за Нептуном. Другие области Солнечной системы также содержат малые тела, но в гораздо меньшем количестве. Они включают в себя околоземные астероиды, кентавры (группа астероидов, находящихся между орбитами Юпитера и Нептуна), кометы, объекты рассеянного диска (самого дальнего региона Солнечной системы — от пояса Койпера и далее). Наименьшие макроскопические тела, имеющие орбиты вокруг Солнца, называют метеороидами. Есть еще более мелкие объекты, такие как межпланетная пыль, частицы солнечного ветра и свободные атомы водорода.

Карликовые планеты. Международным астрономическим союзом официально признаны пять карликовых планет: крупнейший из астероидов Церера и находящиеся за орбитой Нептуна Плутон, Хаумеа, Макемаке, Эрида.

### Сравнительная характеристика планет-карликов.

Карликовая планета	Район Солнечной системы	Диаметр (размер), км	Масса, кг	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Средняя плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Количество известных спутников
Церера	Пояс астероидов	950 × 891	$9,4 \cdot 10^{20}$	4,6	2161	0
Плутон	Пояс Койпера	$2370 \pm 20$	$1,305 \cdot 10^{22}$	248	1860	5
Хаумеа	Пояс Койпера	$1960 \times 1518 \times 996$	$4,2 \cdot 10^{21}$	281	2600	2
Макемаке	Пояс Койпера	$1478 \pm 34$	$3 \cdot 10^{21}$	306	1700	1
Эрида	Рассеянный диск	$2326 \pm 12$	$1,67 \cdot 10^{22}$	557	2520	1

**Церера** — самый крупный известный объект в поясе астероидов, располагающемся в пространстве между Марсом и Юпитером. Миссия АМС «Рассвет» (НАСА, 2007 — 2016 гг.) обнаружила, что верхний слой коры Цереры

представляет собой глинистый материал с порами, заполненными льдом. На поверхности Цереры обнаружены ледники, оползни, крупные кратеры.

**Плутон** — крупнейшая известная карликовая планета Солнечной системы. Его поверхность сильно неоднородна. Его недра на 50-70 % состоят из камня и на 50-30 % из водяного льда. Обладает разреженной атмосферой, состоящей из газов, испаряющихся с поверхности льда (азот с примесью метана и угарного газа). Под действием жесткого излучения из них образуются более сложные соединения (этан, этилен и ацетилен), постепенно выпадающие на поверхность. У Плутона 5 естественных спутников: Харон, Никта, Гидра, Кербер, Стикс. Спутники вращаются по круговым орбитам в экваториальной плоскости Плутона в ту же сторону, что и он вокруг своей оси.

**Хаумеа** – самое быстровращающееся тело из всех изученных объектов Солнечной системы, имеющий диаметр более 100 км. Период вращения – менее 4 ч. Хаумеа обладает сильно вытянутой формой. У нее 2 спутника и система колец.

**Эрида** – вторая по размеру карликовая планета после Плутона, имеет очень высокую отражательную способность, она почти белая из-за метанового снега на поверхности.

Поверхность **Макемаке** покрыта метановым, этановым и азотным льдами.

**Астероид** – относительно небольшое тело Солнечной системы размером более 30 м, движущееся по орбите вокруг Солнца. Астероиды меньше планет по массе и размерам, имеют неправильную форму, у них отсутствует атмосфера, могут иметь спутники. В Солнечной системе может находиться от 1,1 до 1,9 млн объектов, имеющих размер более 1 км. Большинство астероидов сосредоточены в пределах пояса астероидов, расположенного между орбитами Марса и Юпитера (крупнейшие из них – Паллада и Веста имеют диаметр около 500 км). За орбитой Нептуна располагается второй пояс астероидов – Пояс Койпера (он в 20 раз шире и в 20-200 раз массивнее). Объекты Пояса Койпера сложены из льда с примесями метана и аммиака.

**Кометы** – небольшие небесные тела, обращающиеся вокруг Солнца по вытянутым орбитам, наклоненным под разными углами к плоскости эклиптики. Вещество кометы сосредоточено в ее ядре, которое состоит из смеси замерзших льдов (воды, метана, углекислого газа, азота), пылинок, металлических и каменных частиц различных размеров. Когда комета приближается к Солнцу, она нагревается, из ядра начинают выделяться газ и пыль, которые образуют голову и хвост кометы. Удаляясь от Солнца, хвост кометы уменьшается, комета становится плохо видна. Некоторые кометы возвращаются обратно через некоторое время. Кометы с периодом обращения вокруг Солнца менее 200 лет относят к короткопериодическим (более 400 объектов), с более длинным периодом обращения – к долгопериодическим. Предполагают, что короткопериодические приходят из пояса Койпера, а начало орбит долгопериодических комет находится в гипотетической сферической области (облако Оорта), которая окружает нашу Солнечную систему. Облако Оорта заполнено веществом, оставшимся от протопланетного диска и включающим в себя множество кометных ядер.

**Метеоры и метеориты.** Двигаясь по своей орбите, Земля часто встречается со множеством различных мелких тел, летящих со скоростями 11-72 км/с. При вхождении в атмосферу они разогреваются в результате трения и сгорают, оставляя яркий след в ночном небе, видимый иногда несколько секунд. Такие мелкие тела называют **метеорами**. Движение комет по своей орбите вокруг Солнца постепенно вызывает их разрушение, за ними формируется хвост из множества мелких частиц. Земля периодически пересекает орбиты комет, и в эти моменты в небе появляется множество метеоров, образуя эффектные метеорные потоки. Их называют в соответствии с созвездием, находящимся в той области неба, откуда они появляются: Ориониды, Персеиды, Леониды и др. Очень яркие метеоры называют **болидами**. Если объект достаточно крупный (до 30 м), то полностью сгорать он не успевает, поэтому такое космическое тело, упавшее на землю, называют **метеоритом**. Метеориты являются обломками астероидов, в месте их падения образуется метеоритный кратер. В зависимости



от состава все метеориты делят на 3 вида: каменные (93%), железные (6%), и железно – каменные.

## **Тема 2.5. Исследования Солнечной системы. Межпланетные космические аппараты, используемые для исследования планет. Новые научные исследования Солнечной системы.**

**Цель: Познакомиться с инструментальными методами исследования Солнечной системы с помощью космических аппаратов.**

**Искусственными телами Солнечной системы** являются искусственные спутники Земли, Луны и других планет, автоматические межпланетные станции и пилотируемые космические аппараты. Для выведения всех искусственных объектов в околоземное и межпланетное пространство необходимо придание им соответствующих космических скоростей.

**Космические скорости** — характерные критические скорости движения космических объектов в гравитационных полях небесных тел и их систем.

Именно от величины скорости, а не массы запускаемого тела, зависят форма траектории полета космического аппарата и возможность преодоления силы притяжения планеты или иного космического тела. Различают 4 космические скорости.



**Первая космическая скорость** – это минимальная начальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно стало искусственным спутником планеты, т.е. двигалось бы вокруг нее по круговой орбите на небольшой высоте. Первая космическая скорость для орбиты, расположенной вблизи поверхности Земли, составляет 7,91 км/с. Впервые такая скорость была достигнута советским космическим аппаратом 4 октября 1957 г. При меньшей скорости запущенное тело упадет обратно на Землю, при большей, чем первая, и меньшей, чем вторая космическая, будет вращаться вокруг Земли по эллиптической орбите.

Метеорологические спутники помогают метеорологам прогнозировать погоду или видеть, что происходит на данный момент с атмосферой Земли. Спутники связи необходимы для передачи информации по различным каналам, они обычно выступают как ретрансляторы, т. е. принимают сигналы из одного места на поверхности Земли и передают его в другое место. Широковещательные спутники передают телевизионные сигналы от одной точки к другой (аналогично спутникам связи). Научные спутники, такие как космический телескоп «Хаббл», выполняют всевозможные научные миссии, наблюдая за солнечной активностью, фиксируя все виды электромагнитных волн. Навигационные спутники помогают кораблям и самолетам определять свое положение в пространстве и осуществлять перемещение. Спутники наблюдения Земли проверяют планету на предмет изменений во всем: от температуры, роста растительности до изменения площади ледяного покрова. Военные спутники Земли находятся на орбите, но большая часть фактической информации об их положении остается секретной. Эти спутники могут осуществлять ретрансляцию зашифрованной связи, ядерный мониторинг, наблюдение за передвижениями противника, раннее предупреждение о запуске ракет, подслушивание наземных радиоприемных станций, радиолокационную визуализацию и фотографирование (с использованием, по сути, больших телескопов, которые фотографируют интересные в военном отношении области). Некоторые спутники движутся по геостационарным орбитам, особенностью которых является постоянное нахождение спутника над одной точкой земного шара. Часть спутников имеет несколько целей. К сожалению, число движущихся объектов на орбите во много раз превышает количество фактически работающих спутников, в основном представляют собой всевозможный космический мусор (разбившиеся, отработанные, потерянные искусственные объекты). Зафиксированы случаи столкновений и разрушений нормально функционирующих аппаратов с этими кусками металла. В будущем проблеме утилизации космического мусора еще придется решать.

**Вторая космическая скорость** — это минимальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы, преодолев силу притяжения планеты (или другого космического тела), оно по параболической траектории навсегда покинуло ее ближайшее пространство. Для Земли значение второй космической скорости составляет 11,2 км/с, с такой скоростью тело покидает окрестности Земли и становится спутником Солнца. Вторая космическая скорость впервые была достигнута советским космическим аппаратом «Луна - 1» 2 января 1959г.

**Значения первой и второй космических скоростей для небесных тел Солнечной системы.**

Небесное тело	Масса тела (по отношению к массе Земли)	Первая космическая скорость, км/с	Вторая космическая скорость, км/с
Луна	0,0123	1,68	2,4
Меркурий	0,0553	3,05	4,3
Венера	0,815	7,356	10,4
Земля	1	7,91	11,2
Марс	0,107	3,546	5
Юпитер	317,8	43	59,5
Сатурн	95,2	25	35,5
Уран	14,5	15,6	21,3
Нептун	17,1	16,7	23,5
Солнце	333000	436,7	617,7

**Третья космическая скорость** — минимальная скорость, которую необходимо сообщить находящемуся вблизи поверхности Земли телу, чтобы оно могло преодолеть притяжение Земли и Солнца и покинуть пределы Солнечной системы. При старте с Земли космический аппарат может достичь третьей космической скорости при благоприятных условиях уже при 16,7 км/с относительно Земли. Наиболее энергетически выгодный старт для достижения третьей космической скорости должен осуществляться вблизи экватора, движение тела должно быть сонаправлено осевому вращению Земли и орбитальному движению Земли. Ни один космический аппарат не покидал окрестностей Земли с третьей космической скоростью. Наибольшей скоростью старта с Земли пока обладал только космический аппарат НАСА «Новые горизонты» - 16,21 км/с. За счет гравитационного маневра достигли третьей

космической скорости и покинули Солнечную систему «Вояджер-1», «Вояджер-2», «Пионер-10» и «Пионер-11», однако их скорости были меньше третьей космической скорости. Траектория аппарата, достигшего третьей космической скорости, становится гиперболической.

Для исследования планет, комет и астероидов Солнечной системы было запущено 225 межпланетных космических аппаратов. Первой автоматической межпланетной станцией, запущенной для исследования дальних планет Солнечной системы и в перспективе выхода за ее пределы, был «Пионер-10» в 1972 г. Самый успешный и результативный проект по исследованию дальних планет Солнечной системы был запущен американцами в 1977 г. «Вояджер-1» и «Вояджер-2». В 2006 г. была запущена автоматическая межпланетная станция «Новые горизонты».

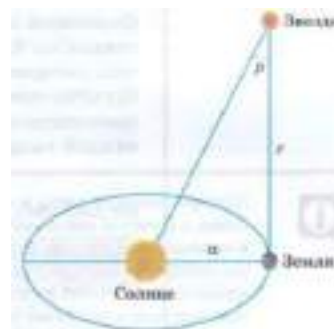
**Четвертая космическая скорость** – минимально необходимая скорость тела, позволяющая преодолеть притяжение галактики в данной точке. Четвертая космическая скорость не постоянна для всех точек галактики, а зависит от координаты. По оценкам ученых, в районе нашего Солнца она составляет 550 км/с.

### Тема 3.1. Расстояние до звезд. Пространственные скорости звезд.

#### Физическая природа звезд. Связь между физическими характеристиками звезд.

**Цель:** Познакомиться с масштабом расстояний в звездных системах и физической природой звезд, их классификацией. Рассмотреть параметры жизненного цикла звезд.

Для измерения расстояний до тел Солнечной системы и звезд используется годичный параллакс — угол, под которым со звезды видна большая полуось земной орбиты, перпендикулярная направлению на звезду (см. рис.). Расстояние до звезды можно найти по формуле:  $r = \frac{\alpha}{\sin p}$ , где  $\alpha$  - большая полуось земной орбиты



$p$  - горизонтальный параллакс.

Среднее расстояние от Земли до Солнца — 1 а. е. (астрономическая единица): 149 600 000 км.

Угол годичного параллакса очень мал (менее угловой секунды). Даже для ближайшей к нам звезды Проксима Центавра его значение составляет 0,77. У других звезд он еще меньше.

Расстояния до тел Солнечной системы или между телами Солнечной системы обычно выражены в астрономических единицах. Однако для измерения расстояний до небесных тел, которые находятся за ее пределами, астрономическая единица слишком мала. Поэтому в данном случае используют специальные единицы, такие как парсек и световой год.

**Парсек** (пк)— расстояние до объекта, имеющего угол параллакса в  $1''$ . Световой год — расстояние, которое свет проходит за 1 год.  $1 \text{ пк} = 3 \cdot 10^{13} \text{ км} = 3,26 \text{ светового года}$ . Современные телескопы позволяют увидеть объекты, удаленные от Земли на тысячи, сотни тысяч, миллионы и даже миллиарды световых лет! Видимые и абсолютные звездные величины. Различная яркость звезд хорошо заметна. Видимая звездная величина  $m$  (часто ее называют просто «звездная величина») указывает поток излучения вблизи наблюдателя, т. е. наблюдаемую яркость небесного источника, которая зависит не только от реальной мощности излучения объекта, но и от расстояния до него.

Древнегреческий астроном Гиппарх (II в. до н.э.) предложил наиболее яркие звезды отнести к звездам первой величины ( $1m$ ), а едва различимые — к шестой ( $6m$ ). Позднее астрономы предложили при наблюдении более ярких объектов использовать нулевые ( $0m$ ) и отрицательные ( $-1m$ ,  $-2m$  и т. д.) звездные величины. Видимые только в телескоп наиболее удаленные объекты имеют значения намного больше шестой звездной величины.

Различную яркость звезд можно объяснить не только их различной мощностью излучения, но и тем, что они находятся от нас на разном расстоянии. Поэтому в астрономии используется еще одно понятие — абсолютная звездная

величина. Под **абсолютной звездной величиной** понимается видимая звездная величина, которую имела бы звезда, удаленная от нас на расстояние 10 пк.

Абсолютная звездная величина Солнца составляет  $+4,7m$ . Абсолютная звездная величина позволяет узнать, какая из звезд излучает больше энергии за секунду, т.е. ее мощность излучения. Как оказалось, звезды сильно отличаются друг от друга по своей мощности. Некоторые звезды излучают энергию в сотни тысяч раз большую, чем Солнце, есть звезды, у которых мощность излучения в десятки тысяч раз меньше.

**Физическая природа звезд.** Каждая звезда — гигантский раскаленный плазменный шар, который излучает в космическое пространство все виды электромагнитных волн. Даже рассматривая небо невооруженным глазом, можно заметить различный цвет звезд. Это происходит потому, что максимум излучения звезд приходится на различные длины волн. Самые горячие звезды имеют голубоватый цвет и температуру фотосферы — 30 000-60 000 К. Температура самых холодных звезд - менее 2 000 К и их цвет – красноватый. Такие звезды доступны для наблюдений только в инфракрасном диапазоне электромагнитных волн. Изучение химического состава звезд возможно по спектрам поглощения. Подобно спектру нашего Солнца непрерывные спектры звезд пересекают темные линии, которые соответствуют спектрам излучения определенных веществ. Анализируя спектральные полосы, удалось определить химический состав видимых нам звезд. Оказалось, что в атмосфере звезд, как и Солнца, преобладают два элемента: водород и гелий. На долю остальных элементов приходится не более нескольких процентов. При невысоких температурах в атмосферах звезд могут существовать нейтральные атомы и простейшие молекулы:  $C_2$ ,  $CN_2$  (циан), оксиды титана, циркония, углерода и др. В спектрах горячих звезд преобладают ионизированные атомы.

Сходные между собой по спектру звезды объединяют в семь основных спектральных классов: O, B, A, F, G, K, M (см. табл).

Цвет	Температура фотосферы, К	Спектральный класс	Типичные представители
Голубой	30000-60000	O	Минтака

Бело - голубой	10000—30000	B	Спика, Ригель
Белый	7500-10000	A	Сириус, Вега, Денеб
Желто — белый	6000-7500	F	Процион, Канопус
Желтый	5000-6000	G	Солнце, Капелла
Оранжевый	3500-5000	K	Альдебаран, Арктур
Красный	2000-3500	M	Антарес, Бетельгейзе

Каждый спектральный класс подразделяется еще на десять подклассов. Например, наше Солнце относится к классу  $G_2$ . Как видно из таблицы, самые горячие звезды — классов O, B, A, самые холодные — K и M. Благодаря развитию средств наблюдения в последние десятилетия удалось обнаружить нетипичные звезды, для них пришлось ввести дополнительные спектральные классы:

- W - очень тяжелые яркие звезды с температурой порядка 70 000 К (звезды Вольфа - Райс);

- L - коричневые карлики с температурой 1500-2000 К и соединениями металлов в атмосфере;

- T - метановые коричневые карлики с температурой 700-1500 К;

- Y - очень холодные (метано-аммиачные) коричневые карлики с температурой ниже 700 К:

- C - углеродные звезды-гиганты с повышенным содержанием углерода;

- S - циркониевые звезды;

- Q - новые звезды;

- P - планетарные туманности.

Светимость звезд. Для характеристики общей мощности излучаемой звездой энергии используется понятие «светимость звезд». Эта важнейшая характеристика определяется с помощью закона Стефана — Больцмана, согласно которому она прямо пропорциональна квадрату радиуса звезды и четвертой степени температуры ее фотосферы.

**Радиус, масса и средняя плотность звезд.** Если радиус звезды превышает радиус Солнца в сотни раз, их называют *сверхгигантами*. Гигантами называют звезды, которые по радиусу превышают Солнце в десятки раз. Солнце и звезды с

меньшими размерами относят к *карликам*. Массы звезд находятся в пределах от 6% массы Солнца до нескольких десятков солнечных масс (т.к. у гигантов и сверхгигантов очень мала средняя плотность). Самые плотные звезды имеют небольшие размеры (например, белые карлики  $10^{10} - 10^{11} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ).

**Диаграмма «спектр-светимость».** В 1910 г. Астрономами Э. Герцшпрунгом и Г. Расселом была обнаружена связь между спектрами звёзд и их светимостями. По горизонтали оси диаграммы отложены спектральные классы (или температуры), по вертикали - их светимости (за 1 принята светимость Солнца). Около 90% звезд находится вблизи главной диагонали последовательности. Их светимость обусловлена термоядерными реакциями превращения водорода в гелий. Кроме этого, вверху выделяются области гигантов и сверхгигантов, в которых происходит горение гелия и более тяжелых элементов. В левой нижней части диаграммы расположена область белых карликов, звезд, находящихся на заключительной стадии своей эволюции. Звезды проводят большую часть своей жизни в области главной последовательности. Срок такого стабильного существования непосредственно зависит от положения в диаграмме. Чем выше и левее звезда, тем она ярче и горячее, поэтому в ней быстрее выгорает водород. Время жизни менее яркой звезды, располагающейся ниже по диаграмме, больше, эти звезды могут существовать десятки миллиардов лет. Солнце находится примерно посередине главной последовательности, первые 5 млрд лет его жизни уже прошли, но примерно столько же лет еще впереди. После этого у Солнца, как и у других небольших звезд, выгорит водород, энергии станет меньше и силы тяготения будут сильнее сжимать ядро звезды. Из-за этого в ядре звезды начнутся термоядерные реакции, связанные со слиянием гелия, звезда расширится в десятки раз. Какое-то время ее светимость будет сильнее, а затем звезда остынет до красного цвета. Наше Солнце превратится в красного гиганта, покинув главную последовательность диаграммы Герцшпрунга—Рассела, перейдя в область гигантов. Когда в его недрах закончится гелий, гравитация сожмет ядро



в маленькую плотную звезду, белого карлика, который будет постепенно остывать, располагаясь внизу диаграммы, в области белых карликов.

Звезд покрупнее ждет куда более интересная судьба. Гелия в них достаточно, чтобы продолжать термоядерную реакцию. После сгорания гелия в реакцию вступит углерод, затем — магний. Рано или поздно звезда достигнет критической массы, после которой взорвется, превращаясь в сверхновую. Казалось бы, звезды, имеющие большее количество водорода для горения, должны расходовать его дольше, но это не так, потому что они используют свои ресурсы быстрее. Поэтому более массивные звезды живут меньше.

### **Виды звезд:**

1) Желтый карлик — тип небольших звезд главной последовательности диаграммы Герцшпрунга—Рассела, имеющих массу от 0,8 до 1,2 массы Солнца и температуру поверхности 5 000-6 000 К.

Время жизни желтого карлика составляет в среднем 10 млрд лет.

2) Красный гигант — это крупная звезда красноватого или оранжевого цвета. Образование этих звезд возможно, как на стадии звездообразования, так и на поздних стадиях эволюции звезд после выгорания водорода в их недрах. Когда запасы водорода подходят к концу, гелий начинает преобразовываться в другие элементы. При этом происходит повышение внутренней температуры ядра, что приводит к расширению и остыванию внешней поверхности звезды, благодаря чему звезда приобретает красный цвет. Звезда гигант имеет сравнительно низкую температуру - 3 000-5 000 К. огромный радиус (800 солнечных) и светимость. Красный выбрасывает внешние слои газа, образуя тем самым планетарные туманности, а ядро сжимается в маленький, плотный белый карлик.

3) Белый карлик — это ядро обычной звезды с массой, не превышающей 1,4 солнечной массы, после того, как она проходит стадию красного гиганта. Большинство звезд завершает свою эволюцию превращением в белых карликов. Звезда уменьшается в размере в сотни раз, обретая огромную плотность. По размеру белый карлик становится меньше Земли, но массу его можно сравнить с

массой Солнца. Температура молодых белых карликов достигает 100 000 К и более, однако достаточно быстро падает за счет излучения с поверхности. Из-за отсутствия водорода термоядерная реакция в ядре таких звезд не происходит. Они сияют за счет своей оставшейся энергии, но со временем она заканчивается, и звезда остывает, превращаясь в черного карлика.

4) Красный карлик - маленькая и относительно холодная звезда главной последовательности. Эти звезды являются самыми распространенными объектами звездного типа во Вселенной. Масса красных карликов не превышает трети солнечной массы (нижний предел массы - 0,08 солнечной), температура поверхности достигает 3 500 К. Звезды этого типа испускают очень мало света, иногда в 10 000 раз меньше Солнца. Низкая светимость не позволяет увидеть ни один из красных карликов с Земли. Из-за низкой скорости сгорания водорода красные карлики имеют очень большую продолжительность жизни - от десятков миллиардов до десятков триллионов лет (красный карлик с массой 0,1 массы Солнца будет гореть 10 трлн лет). В красных карликах невозможны термоядерные реакции с участием гелия, поэтому они не могут превратиться в красные гиганты. Со временем они постепенно сжимаются и всё больше нагреваются, пока не израсходуют весь запас водородного топлива.

5) Коричневые карлики. Если в процессе формирования молодой звезды (протозвезды) ее масса составляет лишь 1/10 массы Солнца, ее сияние будет недолгим, после чего она быстро гаснет. После нее остается коричневый карлик, который представляет собой массивный газовый шар, слишком большой, чтобы быть планетой, и слишком маленький, чтобы стать звездой. Температура коричневых карликов лежит в промежутке от 300 до 3 000 К. Они на протяжении своей жизни постоянно остывают, при этом чем крупнее карлик, тем медленнее он остывает.

6) Черные карлики - остывшие белые карлики, которые представляют собой конечную стацию эволюции белых карликов. Масса черного карлика, как и белого, не более 1,4 массы Солнца.

7) Сверхновыми становятся звезды, масса которых в 8-10 раз превышает солнечную. Ядра таких звезд, исчерпав водород, переходят к термоядерным реакциям с участием гелия. Исчерпав гелий, ядро переходит к синтезу все более тяжелых элементов. В конечной стадии своей эволюции такая звезда превращается в «слоеный» сверхгигант. В каждом слое происходит свой тип термоядерного синтеза. Когда топливо для термоядерных реакций заканчивается (заключительный этап сопровождается синтезом железа), звезда взрывается, при этом ее светимость за несколько дней может возрасти в сотни миллионов раз. Взрыв сопровождается выбросом значительной массы вещества из внешней оболочки звезды в межзвездное пространство. Из оставшейся части вещества ядра взорвавшейся звезды, как правило, образуется компактный объект — нейтронная звезда, если масса звезды до взрыва составляла более 8 солнечных масс, либо черная дыра - при массе звезды свыше 20 солнечных масс. Расширяющаяся с огромной скоростью (2000-3000 км/с) внешняя оболочка содержит продукты термоядерного синтеза, происходившего на протяжении всей жизни звезды. Именно благодаря взрывам сверхновых звезд происходит насыщение межзвездной среды тяжелыми элементами. В этой среде впоследствии рождаются новые звезды, планеты и наша углеродная форма жизни.

8) Нейтронная звезда - это звезда, сжатие ядра в которой не прекращается до тех пор, пока протоны, захватывая электроны, не превратятся в нейтроны. Масса нейтронной звезды больше солнечной в 1,4-3 раза, при этом ее диаметр составляет 10-20 км. Плотность таких звезд чрезвычайно высока (1 см<sup>3</sup> весит 100 000000 т). Сила тяжести на поверхности нейтронной звезды примерно в 100 млрд раз выше, чем на Земле. Благодаря наличию магнитного поля и быстрому вращению звезды происходит направленное излучение электромагнитных волн в различных диапазонах.

9) Черная дыра является конечным этапом эволюции массивных звезд при условии, что масса остатков звезды более 3 солнечных масс. Когда объект такой массы сжимается до размеров нескольких километров, поле тяготения

оказывается настолько сильным, что вторая космическая скорость, необходимая для того, чтобы преодолеть притяжение звезды, становится больше скорости света. Вблизи звезды никакие объекты, движущиеся со скоростью света, не способны преодолеть силы ее притяжения, в том числе и сам свет. Граница, из которой не могут вырваться объекты даже со скоростью света, называется горизонтом событий. Никто не знает наверняка, как выглядит черная дыра, но скорее всего, что вещество, летящее к ее поверхности, разгоняется и разогревается и, перед тем как нырнуть за горизонт событий, должно светиться. Поэтому выглядеть она будет не как круглый черный диск, а как сияющий ореолом объект.

### **Тема 3.2. Строение Галактики, вращение Галактики и движение звезд в ней. Сверхмассивная черная дыра в центре Галактики. Радиоизлучение Галактики. Загадочные гамма-всплески.**

**Цель: Познакомиться с эволюцией и строением галактики «Млечный путь».**

**Млечный путь.** Вдали от городов в безоблачную и безлунную ночь на небе хорошо заметна полоса светло – молочного цвета. При наблюдении в бинокль или телескоп становятся видны отдельные звезды, из которых она состоит. Загадочная и величественная полоса представляет собой область, в которой сосредоточена большая часть звезд нашей Галактики — гигантской звездной системы с названием Млечный Путь. Все звезды, которые мы видим невооруженным глазом, включая Солнце, принадлежат этой Галактике. Опоясывающий небо Млечный Путь проходит по созвездиям Возничего, Персея, Кассиопеи, Цефея, Стрельца, Ориона, Тельца и др. Эта полоса имеет неодинаковую ширину и яркость на различных участках, границы ее размыты. В созвездии Стрельца полоса Млечного Пути достигает наибольшей ширины. Именно в этом направлении находится центр ядра нашей Галактики с очень высокой концентрацией звезд. По современным оценкам, она содержит от 200 до 400 млрд звезд. Молодые звезды и звездные скопления, возраст которых не

превышает нескольких миллиардов лет, концентрируются вблизи плоскости диска.

**Звездные скопления** — это гравитационно-связанные группы звезд, которые имеют общее происхождение. Звездные скопления движутся как единое целое и могут быть как рассеянными, так и шаровыми. Рассеянные звездные скопления имеют неправильную форму и клочковатый вид, содержат от нескольких десятков до нескольких тысяч молодых звезд и видны вблизи Млечного Пути. Ближайшие к нам рассеянные звездные скопления — Плеяды и Гиады — находятся в созвездии Тельца. Шаровые звездные скопления имеют форму сферы или эллипсоида, они насчитывают от десятков тысяч до миллионов старых звезд. Одно из самых ярких и больших — шаровое скопление NGC 5139 в созвездии Центавра. Кроме звезд в состав Галактики входят тысячи гигантских облаков газа и пыли, скоплений и туманностей. Газ вблизи плоскости диска Галактики распределен неравномерно, образуя многочисленные газовые облака — от неоднородных по структуре гигантских (протяженностью свыше нескольких тысяч световых лет) до небольших облаков (размером не больше 1 пк). В межзвездном пространстве пыль всегда сопутствует газу. На ее долю приходится около 1% от массы газа. Пылевые облака состоят из мельчайших твердых частиц. Если бы газовые и пылевые облака не перекрывали нам обзор, мы видели бы больше звезд, галактический центр сиял бы ярче полной Луны и ночью было бы намного светлее. Мелкая космическая пыль не только ослабляет свет звезд, но и меняет его цвет. Кроме газовых и пылевых облаков межзвездное пространство включает в себя межзвездные электромагнитные поля, космические лучи, а также гипотетическую темную материю. Космические лучи представляют собой потоки элементарных частиц и ядер различных атомов, движущихся со скоростями, близкими к скорости света. Они пронизывают все межпланетное и межзвездное пространство.

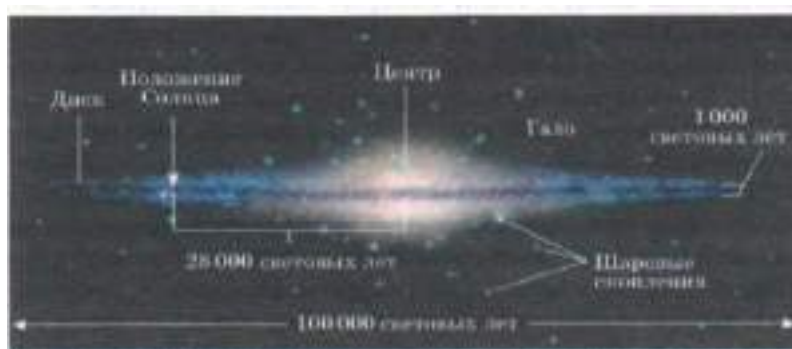
**Строение Галактики.** Большая часть газопылевой материи сосредоточена в огромных спиральных рукавах, отходящих от шарообразного вздутия — утолщения в центре Галактики.

В строении Галактики выделяют 3 подсистемы:

1) относительно тонкий диск со спиральной структурой из звезд, газа и пыли диаметром 100 тыс. и толщиной несколько тысяч световых лет;

2) сферическое гало, состоящее из очень старых, неярких и немассивных звезд, встречающихся как поодиночке, так и в виде шаровых скоплений. Гало окружает очень разреженная и большая по размерам (50-60 кпк) внешняя часть Галактики – корона;

3) центральная область Галактики – балдж и его ядро. Балдж представляет собой сферическое утолщение в центральной части диска, в нем находятся в основном старые звезды.



Для центральных участков Галактики характерна сильная концентрация звезд, в ее центре предполагается существование сверхмассивной черной дыры. Горячие молодые звезды содержатся в рукавах Галактики, являющихся областями формирования звезд. В спиральных рукавах, где много пыли и газа – в зонах повышенной плотности, происходит активное звездообразование. Солнце расположено ближе к краю диска, именно поэтому большая часть звезд Галактики видна нам в виде полосы Млечного Пути.

Вращение Галактики. Впервые движение звезд друг относительно друга было замечено в 1718 г. английским астрономом Э. Галлеем. Благодаря собственному движению звезд относительно Солнца происходит постоянное изменение вида звездного неба.



Изменение относительного расположения звезд происходит очень медленно, в течение тысячелетий. Анализируя значения скорости движения звезд, удалось установить, что наша Галактика вращается вокруг центрального уплотнения. Вместе с другими звездами Солнце тоже движется вокруг центра Галактики со скоростью примерно 230 км/с, совершая один оборот за 225-250 млн земных лет. Период времени, за который Солнечная система совершает один оборот вокруг центра нашей Галактики, называется **галактическим годом**. За все время своего существования Солнце совершило не более 30 оборотов вокруг центра Галактики.

### **Тема 3.3. Метагалактика. Происхождение и эволюция звезд. Возраст галактик и звезд.**

**Цель:** Познакомиться с понятием **Метагалактика** и теорией «**Большого взрыва**», с происхождением и эволюцией звезд.

**Метагалактика и ее строение.** Наблюдения показывают, что галактики редко встречаются поодиночке, большинство из них образуют гравитационно-связанные группы — скопления галактик. Размеры скоплений достигают десятков миллионов световых лет. Млечный Путь и Туманность Андромеды образуют Местную группу галактик, в которую входит около 50 других объектов. Местная группа галактик сравнительно невелика, более крупные скопления содержат тысячи галактик. В космосе встречаются протяженные цепочки из скоплений галактик, гигантские плоские поля, усеянные такими скоплениями и одиночными галактиками. Скопления галактик образуют еще большие группы — **сверхскопления**, которые включают до двадцати галактических скоплений, расположенных в галактических нитях или узлах их пересечения. Размеры сверхскоплений достигают сотен миллионов световых лет. По современным представлениям, для наблюдаемой части Вселенной характерна ячеисто — *сотовая структура*. Между условными «стенками»! ячеек находятся гигантские пустоты размером около 100 Мпк при толщине стенки всего 3-4 Мпк. Наблюдаемую часть Вселенной принято называть Метагалактикой.

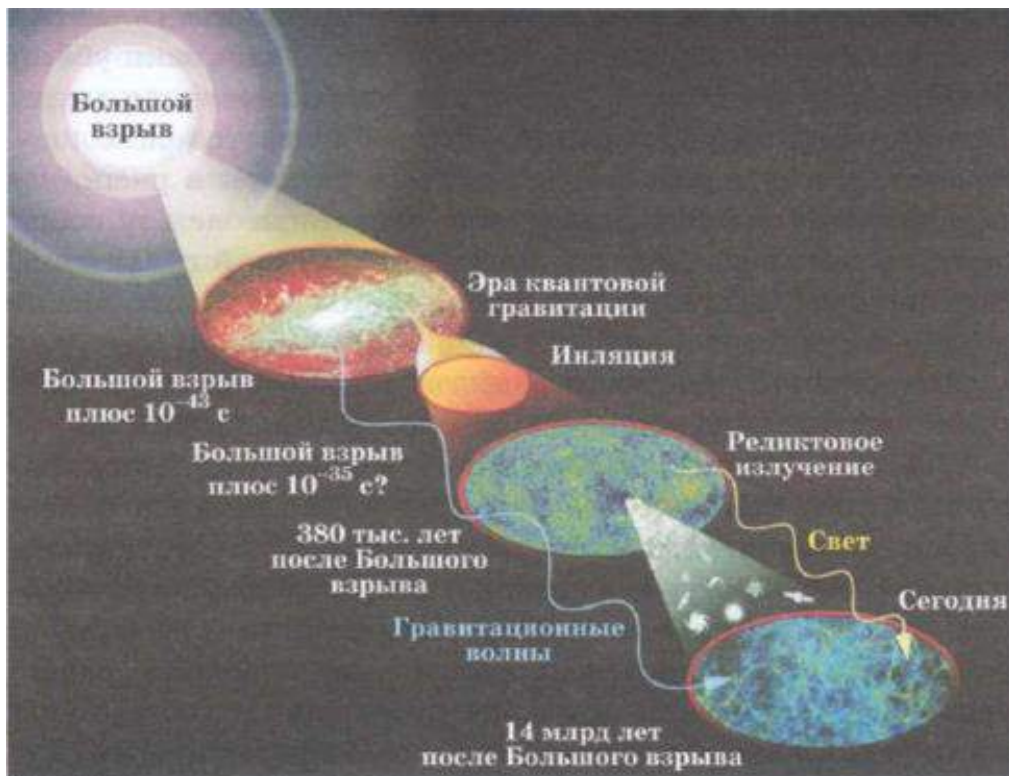
В 1929 г. американский ученый Э. Хаббл определил расстояния до некоторых галактик и их скорости. Оказалось, что чем дальше находится галактика, тем с большей скоростью она от нас удаляется. Закон всеобщего разбегания галактик назвали **законом Хаббла**. Согласно ему, на каждый

1 млн пк расстояния до объекта скорость убегания увеличивается приблизительно на 75 км/с. Эту величину — коэффициент пропорциональности между скоростью удаления внегалактических объектов и расстоянием до них — назвали **постоянной Хаббла**. Математическая запись закона Хаббла выглядит так:  $v = H \cdot r$ , где  $v$  — скорость отдаляющегося объекта, км/с;  $H = 75 \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпк}}$  — постоянная Хаббла,  $r$  — расстояние до объекта, Мпк. Закон Хаббла наиболее точно выполняется для далеких галактик и их скоплений и применяется, когда другие методы определения расстояний использовать невозможно. Этот закон имеет свои границы применимости, он выполняется точно только для далеких галактик, расстояние до которых превышает 5-10 Мпк. Ближайшие к нам галактики, взаимодействуя между собой, могут как удаляться, так и приближаться к Млечному Пути.

**Метагалактика и ее расширение.** В 1922 г. наш соотечественник А.А. Фридман, основываясь на теории относительности А. Эйнштейна, предсказал, что расстояния между галактиками не могут оставаться постоянными, потому что сама Метагалактика не может быть стационарной и должна либо расширяться, либо сжиматься, в зависимости от средней плотности материи в ней. К сожалению, теоретические выводы Фридмана не принимались во внимание учеными до тех пор, пока Э. Хаббл не опубликовал результаты своих исследований. Из открытого Хабблом закона следовало, что Метагалактика расширяется. Именно поэтому, чем дальше от нас находится астрономический объект, тем больше его относительная скорость. Конечно, галактики разбегаются во все стороны от Млечного Пути, не потому что мы находимся в центре Метагалактики, точно такая же картина разбегающихся галактик будет наблюдаться в любой ее точке. Все галактики убегают друг от друга со



скоростями от сотен до десятков тысяч километров в секунду, потому что расширяется само пространство, в котором они находятся. Причем в расширении не участвуют гравитационно-связанные между собой звезды и звездные системы в масштабах одной галактики. Расширение Метагалактики проявляется только на уровне скоплений и сверхскоплений галактик. Если сейчас галактики разбегаются, то в далеком прошлом они были расположены намного ближе друг к другу. Г.А. Гамов, ученик А.А. Фридмана, в 1946 г. выдвинул гипотезу о том, что вещество во Вселенной на начальных стадиях расширения имело бесконечно большую плотность и высокую температуру. Впоследствии, в 1965 г., эту гипотезу подтвердили американские астрофизики А.Пензиас и Р.Вильсон, открывшие электромагнитное излучение, равномерно заполняющее космическое пространство, которое назвали реликтовым излучением. Существование реликтового излучения было теоретически предсказано Г.А. Гамовым в рамках общепринятой теперь космологической модели расширения Вселенной — теории Большого взрыва. Согласно этой теории, в начальный момент вся материя находилась в космологической сингулярности — состоянии, обладающем бесконечной плотностью и температурой. Затем пространство и первичная материя начали расширяться и охлаждаться. Причем расширение Вселенной нельзя рассматривать как расширение бывшей сверхплотной материи в окружающую пустоту, пустоты вокруг просто не было. Вещество Вселенной с самого начала однородно заполняло все существующее на тот момент пространство. Что явилось причиной расширения Вселенной, современная наука ответить не может. Однако разработана поэтапная физическая картина эволюции вещества с момента Большого взрыва до настоящего времени (см. рис.) Примерно через 3 мин после Большого взрыва начался процесс соединения протонов и нейтронов в составные ядра. Через 380 тыс. лет после Большого взрыва температура снизилась настолько, что оказалось возможным существование атомов водорода. При этом материя стала прозрачной для излучения, которое, свободно распространяясь в пространстве, дошло до нас в виде реликтового излучения.

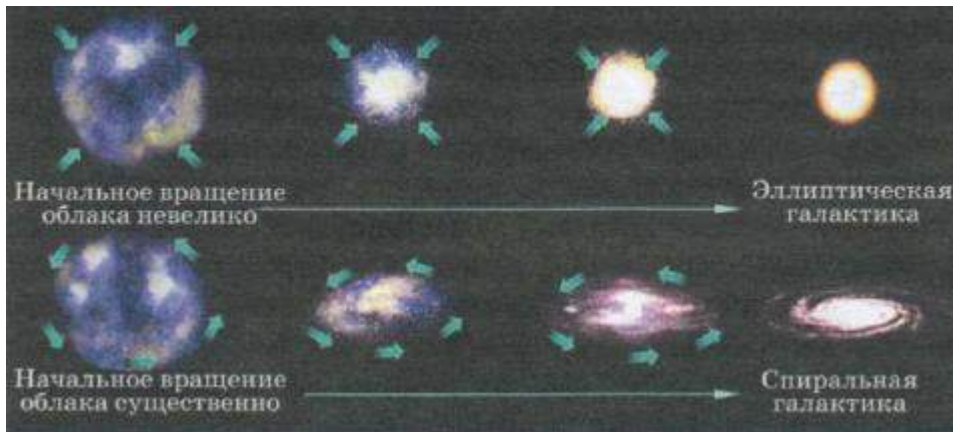


**Ускоренное расширение Вселенной.** В 2011 г. группы ученых из США и Австралии обнаружили, что существует отклонение от закона Хаббла, которое значительно превышает погрешности измерения. Наблюдаемое ускорение Вселенной порождает так называемая *темная материя* – неизвестный ранее вид материи, обладающий свойством антигравитации. Оказалось, что существенная доля вещества во Вселенной должна приходиться на темную материю, которая не испускает электромагнитного излучения и напрямую не взаимодействует с ним. В настоящее время ученые пришли к выводу, что большая часть массы Вселенной приходится на долю темной энергии, которая практически однородна, в отличие от обычной энергии и темной материи, которые распределены в космическом пространстве неоднородно, образуя звезды, галактики и другие объекты. Считается, что темная энергия — это свойство самого пространства.

**Будущее Вселенной.** Существуют две теоретические модели будущего Вселенной: закрытая и открытая. *Согласно закрытой модели* Вселенная может испытывать множество эволюционных циклов. Цикл расширения сменяется циклом последующего сжатия до возвращения в сингулярное

состояние, затем следует новый взрыв, и все начинается снова. Полный цикл расширения и сжатия Вселенной занимает примерно 100 млрд лет. Каждый раз, возвращаясь к сингулярности, Вселенная теряет «память» о прошлом состоянии и может снова «родиться» с совершенно новым набором физических констант. *Согласно открытой модели* должна произойти тепловая смерть Вселенной, связанная с остыванием звезд вследствие прекращения в них термоядерных реакций, когда закончится все ядерное топливо. По расчетам, это может произойти через 10<sup>14</sup> лет.

**Эволюция галактик.** На современных фотографиях галактик мы видим их такими, какими они были миллионы и миллиарды лет назад. Ведь именно столько времени потребовалось свету, чтобы достичь Земли. Благодаря этому мы как будто перемещаемся в прошлое, где изменяющиеся галактики приобретали структуру, которая наблюдается сегодня. Такое ретроспективное «путешествие» позволяет астрономам получить представление об эволюции галактик. Согласно теории Большого взрыва, вначале наша Вселенная имела однородную структуру. Незначительные колебания плотности подтолкнули некоторые частицы перемещаться под действием силы тяжести, в результате притяжения они объединились в более крупные структуры. Вид будущей галактики зависел от наличия момента вращения у протогалактики, а интенсивность процесса – от ее плотности. Если вращение у протогалактики отсутствовало, то формировалась эллиптическая галактика. При этом все вещество поглощалось в процессе формирования звезд, т.к. отсутствовали центробежные силы, действующие на межзвездное вещество. При наличии собственного момента вращения формировался галактический диск. Если скорость звездообразования небольшая, то часть вещества оставалась и формировала спиральные рукава.



Если изначальная плотность галактики достаточно велика для быстрого поглощения вещества в процессах звездообразования, то образовывалась линзовидная галактика. Под действием сил притяжения галактики притягиваются друг к другу, поглощая и разрывая более мелкие карликовые галактики, благодаря чему более крупные становились еще больше. Млечный Путь уже поглотил несколько карликовых галактик и преобразовал их в шлейф звезд, вращающихся вокруг ядра галактики. В настоящее время внутрь затягивается карликовая галактика в Стрельце. Похожая участь ждет карликовые галактики Большое и Малое Магеллановы Облака, поскольку гравитационное взаимодействие с Млечным Путем уже сейчас разрушает их спиральные структуры. В результате слияния двух больших галактик разрушается их спиральная структура и образуется гигантская эллиптическая галактика. В какой-то момент это произойдет с Млечным Путем, когда он встретится с Туманностью Андромеды.

**Рождение звезд.** Звезды образуются путем гравитационного сжатия облаков газа, при этом происходит их разогрев. Когда в центре сжатого водородного облака вещество достигает плотности и температуры, достаточных для протекания термоядерных реакций, рождается звезда. При этом ее сжатие прекращается, потому что сила внутреннего давления газа уравнивает силу тяготения. Чем больше масса звезды, тем выше температура, при которой достигается равновесие. Чтобы пройти эту самую раннюю стадию своей эволюции, протозвездам нужно сравнительно немного времени. Для протозвезды с массой больше солнечной нужно несколько миллионов лет, а если

масса меньше – несколько сотен миллионов лет. Часть протозвезд с небольшой массой (коричневые карлики) не достигает достаточной для реакций термоядерного синтеза температуры. Такие звезды умирают, постепенно остывая за несколько сотен лет. В туманностях, где образуются звезды, водород находится в молекулярном виде ( $H_2$ ), в таких случаях туманность называется *молекулярным облаком*. В холодных облаках появляются звезды с небольшой массой, в огромных и более теплых облаках могут образовываться звезды любой массы. Согласно теории Большого взрыва, в эллиптической галактике рождение всех звезд происходит одновременно. Поэтому все звезды приблизительно одинакового возраста. Т.к. весь водород был исчерпан сразу же в самом начале существования галактики, то из оставшегося небольшого количества межзвездного вещества новые звезды уже не могут возникать. В спиральных галактиках на каждый атом межзвездного газа действует 2 силы: гравитационная, притягивающая его к центру галактики, и центробежная, выталкивающая его по направлению от оси вращения. В результате газ сжимается в галактической плоскости в относительно тонкий слой. Множество звезд рождается на каждом этапе сжатия межзвездного газа во все более утончающемся диске. Поэтому в нашей Галактике можно найти как старые звезды, возникшие примерно 10 млрд лет назад, так и звезды, родившиеся относительно недавно в спиральных рукавах.

**Эволюция звезд.** Когда протозвезда становится звездой, она оказывается на главной последовательности диаграммы Герцшпрунга – Рассела. При этом главная последовательность (там сосредоточено большинство звезд) представляет собой геометрическое место точек, характеризующих стационарное состояние звезды с длительным и устойчивым излучением. Время пребывания звезды на главной последовательности определяется массой звезды. Более массивные звезды имеют большую мощность излучения, поскольку светимость звезды пропорциональна примерно четвертой степени массы. Крупные звезды, массы которых в несколько раз больше массы Солнца, находятся в стационарном состоянии только несколько миллионов лет, а звезды,

подобные Солнцу, - миллиарды лет. Из-за слабой интенсивности термоядерных реакций красные карлики, звезды с массой менее половины массы Солнца, могут существовать от десятков миллиардов до десятков триллионов лет. Конечная стадия жизни звезды определяется ее массой.

Звезды с небольшой массой после выгорания водорода и образования гелиевого ядра сильно увеличиваются в размерах и превращаются в красного гиганта или сверхгиганта. Внешние слои такой звезды постепенно расширяются, образуют планетарные туманности, а на месте гиганта остается маленькая компактная горячая звезда – белый карлик. Через сотни миллионов лет, остывая, они превратятся в невидимые черные карлики.

У массивных звезд (превышающих массу Солнца в 8-10 раз) в конце жизни теряется устойчивость, и они взрываются как сверхновые, выбрасывая в межзвездную среду множество тяжелых химических элементов. После взрыва они сжимаются до шаров радиусом в несколько километров, превращаясь в нейтронные звезды или, при большей массе, в черные дыры.



Звезды первого поколения состояли большей частью из водорода. В ходе термоядерных реакций внутри этих звезд рождались более тяжелые атомы. В недрах звезд может образовываться до 30 химических элементов, а во время взрыва сверхновых – остальные элементы Периодической системы химических элементов. В процессе эволюции звезды первого поколения возвращали в межзвездное пространство значительную часть всей массы, обогащая тяжелыми элементами межзвездную среду. Из этого газа стали образовываться более молодые звезды следующего поколения.

В звездах второго поколения примесь тяжелых элементов более заметна, т.к. они образуются из уже обогащенного тяжелыми элементами первичного газа. О возрасте звезды можно судить по ее химическому составу (Солнце - звезда второго поколения).

### **Тема 3.4. Жизнь и разум во Вселенной.**

**Цель: Познакомиться с гипотезами о существовании жизни и разума во Вселенной, с возможностями познания внеземных цивилизаций.**

**Единство природы.** Человек XXI в., живущий в условиях динамично меняющегося мира — мира высоких технологий, должен знать о подлинном единстве Природы. Важно понимать, что существует единое основание, на котором построено все разнообразие объектов, явлений и процессов Природы, ее законов, связывающих микро- и макромиры, Землю и Космос, астрономические, физические, химические и биологические явления, Жизнь и Разум. Изучая отдельно каждую из естественных наук (астрономию, физику, химию, биологию и т.д.), невозможно осознать, что Природа — это единое целое. Каждая наука в отдельности — это лишь одна ступень к познанию Природы во всей ее целостности и представлению современной естественно-научной (квантово-космологической) картины мира.

*Основные цели изучения комплекса естественных наук:*

1. Познание Вселенной, места и роли человека и человечества во Вселенной.

2. Выявление скрытых взаимосвязей, создающих органическое единство всех физических, химических, биологических, психологических и социально-экологических явлений и процессов.

3. Более глубокое и полное познание законов этих явлений и процессов и создание современной естественно-научной картины мира.

Проблема объяснения происхождения жизни на Земле и существования внеземных цивилизаций является одной из глобальных проблем человечества. Термин «глобальные проблемы» стал появляться в научной литературе в конце 60-х гг. прошлого века. Так ученые охарактеризовали и новые проблемы, появившиеся на стыке промышленной и информационной эпох, и старые, существовавшие в системе «Человек — Природа — Общество», усугубившиеся и обострившиеся в современных условиях.

**Гипотезы о существовании жизни и разума во Вселенной.** *Жизнь* — одно из сложнейших явлений природы. Со времен глубокой древности она казалась таинственной и непознаваемой, вопрос ее происхождения всегда вызывал острую борьбу между материалистами и идеалистами. По современным представлениям, жизнь — это процесс существования сложных систем, состоящих из больших органических молекул и неорганических веществ, способных самовоспроизводиться, саморазвиваться и поддерживать свое существование в результате обмена энергией и веществом с окружающей средой. Советский физикохимик и биофизик Н. В. Волькенштейн сформулировал одно из лучших определений: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, самоорганизующиеся и самовоспроизводящие системы, построенные из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот». Советский ученый в области радиофизики и радиоастрономии В.С. Троицкий определил разум как «способность материи познавать саму себя — фундаментальные законы природы и различные сущности» или, по-другому: «Разум — это способность живой материи к обмену информацией с внешней средой, кодируемой понятиями». Клетки коры головного мозга (нервные клетки) имеют наивысшую сложность организации.



Носителем разума во Вселенной может быть только живая и высокоорганизованная материя. Возникновение и развитие жизни и разума на Земле подготовлено всем ходом эволюции неживой материи Метагалактики. Закономерность и неизбежность возникновения и развития жизни и разума обусловлены одним из важнейших свойств Метагалактики — антропным принципом.

*Антропный принцип* — один из фундаментальных принципов современной космологии, который фиксирует связь между крупномасштабными свойствами нашей Вселенной (Метагалактики) и существованием в ней человека, наблюдателя. Термин «антропный принцип» предложил английский математик Б. Картер (1973): «То, что мы ожидаем наблюдать, должно быть ограничено условиями, необходимыми для нашего существования как наблюдателей». Формулировка сильного антропного принципа по Картеру гласит: «Вселенная (и, следовательно, фундаментальные параметры, от которых она зависит) должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допускалось существование наблюдателей». Существование и развитие объектов Метагалактики обусловлено внутренними динамическими процессами. Все возникающие объекты — от космических пылинок и туманностей, бактерий и людей, звезд, галактик и, по-видимому, всей Метагалактики в целом — являются открытыми неравновесными системами, обменивающимися с окружающей средой веществом и энергией. В ходе эволюции возникает способность к воспроизведению подобных объектов и усвоению ими благоприобретенных признаков и свойств. С увеличением сложности структур упорядоченных систем возрастает их способность к накоплению, запоминанию и хранению информации. Информационная эволюция ускоряет темпы самоорганизации материи и идет в направлении уменьшения возможных наборов элементов, определяющих структуру и функционирование сложных систем. Наборы с наименьшим числом элементов легче восстанавливаются, передаются и тиражируются.

*Гипотезы о происхождении жизни на Земле можно разделить на несколько групп:*

- 1) креацианизм — религиозная гипотеза о божественном происхождении жизни;
- 2) гипотеза самопроизвольного зарождения жизни, которая основывается на идее многократного возникновения жизни из неживого вещества;
- 3) панспермия — жизнь возникла в космосе и затем была занесена на Землю.

Согласно первой группе гипотез, которые имеют самую длинную историю, создание жизни есть акт божественного творения. Свидетельством этому является наличие в живых организмах особой силы, души, управляющей всеми жизненными процессами. Эта гипотеза навеяна религиозными воззрениями и к науке отношения не имеет.

Гипотеза самопроизвольного зарождения жизни была выдвинута в Древних Китае и Индии как альтернатива креационизму. Представления этой гипотезы поддерживали мыслители Древней Греции (Платон, Аристотель), а также ученые периода Нового времени (Г. Галилей, Р. Декарт, Ж.-Б. Ламарк). Согласно этой гипотезе живые организмы (низшие) могут появиться путем саморождения из неживого вещества, содержащего некое активное начало. Так, например, по Аристотелю, насекомые и лягушки при определенных условиях могут заводиться в иле и сырой почве, черви и водоросли — в стоячей воде, а личинки мух — в протухшем мясе при его гниении. Однако уже с начала XVII в. такое понимание происхождения жизни стало подвергаться сомнению. Ощутимый удар по этой гипотезе нанес итальянский естествоиспытатель и врач Ф. Реди, который в 1688 г. раскрыл сущность появления жизни в гниющем мясе. Ф. Реди сформулировал свой принцип: «Все живое — от живого» и стал основоположником концепции биогенеза, утверждавшей, что жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни. Французский микробиолог Л. Пастер своими опытами с вирусами окончательно доказал несостоятельность

идеи спонтанного самозарождения жизни. Однако, опровергнув эту гипотезу, он не предложил свою, не пролил свет на вопрос о возникновении жизни.

Гипотеза панспермии — о неземном происхождении жизни путем занесения «зародышей жизни» из космоса на Землю — впервые была высказана немецким биологом и врачом Г. Рихтером в конце XIX в. Концепция панспермии (от греч. *pan* — весь, *sperma* — семя) допускает возможность происхождения жизни в разное время в разных частях Вселенной и переноса ее различными путями на Землю (метеориты, астероиды, космическая пыль). Для обоснования панспермии в научно-популярной литературе прилете инопланетян на Землю, наскальные топологические рисунки.

Существует идея о возникновении жизни на Земле почти с момента ее образования. Как известно, Земля образовалась около 5 млрд лет назад. Значит, жизнь могла зародиться во время образования Солнечной системы, т.е. в космосе. Поскольку длительность эволюции Земли и жизни на ней различается незначительно, то существует версия, что жизнь на Земле — это продолжение вечного ее существования. Эта позиция близка к теории вечного существования жизни во Вселенной. В масштабе глобального эволюционного процесса можно полагать, что возникновение жизни на Земле может, по-видимому, совпадать с образованием и существованием материи. Академик В. И. Вернадский разделял идею вечности жизни не в контексте ее перераспределения в космосе, а в смысле неразрывности и взаимосвязанности материи и жизни. Он писал, что «жизнь и материя неразрывны, взаимосвязаны и между ними нет временной последовательности».

Одним из приверженцев четвертой группы гипотез является академик А.И. Опарин. Согласно его теории процесс, приведший к возникновению жизни на Земле, может быть разделен на три этапа:

- 1) возникновение органических веществ;
- 2) возникновение белков;
- 3) возникновение белковых тел.

Астрономические исследования показывают, что как звезды, так и планетные системы возникли из газопылевого вещества. Наряду с металлами и их оксидами в нем содержались водород, аммиак, вода и органическое вещество, простейший углеводород — метан. Ни одна из рассмотренных гипотез не получила достаточных доказательств ее справедливости.

В настоящее время ученые придерживаются следующих позиций:

1) возникновение жизни на Земле подготовлено ходом эволюции неживой материи во Вселенной;

2) существование жизни на Земле определяется постоянством действия космических факторов: мощностью и спектральным составом солнечного излучения, неизменностью основных характеристик орбиты Земли и ее осевого вращения, наличием магнитного поля и атмосферы планеты;

3) развитие жизни на Земле во многом обусловлено плавными незначительными изменениями космических факторов; сильные изменения ведут к катастрофическим последствиям;

4) на определенном этапе своего развития жизнь становится фактором космического масштаба, оказывающим влияние на физико-химические характеристики основных оболочек планеты (например, состав и температуру атмосферы, гидросферы и верхних слоев литосферы).

**Внеземные цивилизации.** Предположения о возможности существования внеземной жизни и разума высказывались многими выдающимися учеными прошлого: Эпикуром и Лукрецием Каром, Дж. Бруно, И. Кеплером, Х. Гюйгенсом, И. Ньютоном, В. Гершелем, Л. Лапласом, М.В. Ломоносовым, И. Кантом, К.Э. Циолковским. В конце XIX в. Были разработаны первые научные проекты связи с внеземными цивилизациями (ВЦ), авторами которых были К. Гаусс, Й.И. фон Литтров и др. Вопрос о внеземных цивилизациях имеет свою научную постановку, которая существенно отличается от его трактовки массовым, обыденным, вне научным сознанием. В представлениях современной науки *внеземные цивилизации* — общества разумных существ, которые могут

возникать и существовать вне Земли (на других планетах, космических телах, в иных вселенных, средах и др.).

Предположение о возможности существования внеземных цивилизаций имеет объективные основания:

- представления о материальном единстве мира;
- понятие развития, эволюции материи как всеобщем ее свойстве;
- данные естествознания о закономерном, естественном характере происхождения и эволюции жизни, а также происхождения и эволюции человека на Земле;
- астрономические данные о том, что Солнце — типичная, рядовая звезда нашей Галактики и нет оснований для ее выделения среди множества других подобных звезд;
- большое разнообразие физических условий в космосе, что может привести к возникновению самых разнообразных форм высокоорганизованной материи.

Великая астрономическая революция XX в., возникновение и развитие радиоастрономии и космонавтики сделали проблему актуальной научной задачей, чрезвычайно популярной в широких кругах общественности. В Советском Союзе проблемой существования, поиска и контакта с ВЦ занимались такие известные ученые, как И.С. Шкловский, Н.С. Кардашев, С.А. Каплан, В.Ф. Шварцман, П.В. Маковецкий, В.С. Троицкий и др. Секция «Поиски сигналов внеземных цивилизаций» Научного совета по комплексной проблеме «Радиоастрономия» Академии наук СССР была создана в 1964 г., затем она была преобразована в секцию «Поиски космических сигналов искусственного происхождения», ею руководил академик В.С. Троицкий. В 1999 г. секция под названием «Поиски внеземных цивилизаций» вошла в состав Научного совета по астрономии Российской академии наук; ее председателем является академик Н. С. Кардашев.

Метод измерения технологического развития цивилизации, основанный на количестве энергии, которое цивилизация может использовать для своих нужд,

был предложен Н.С. Кардашевым в виде шкалы в работе «Передача информации внеземными цивилизациями», опубликованной в «Астрономическом журнале» в 1964 г.:

- цивилизация типа I контролирует энергетические ресурсы целой планеты. Эта цивилизация способна управлять погодой, предотвращать землетрясения, внедряться в глубины земной коры и пользоваться дарами океанов. Она уже завершила исследование своей солнечной системы;

- цивилизация типа II контролирует энергию самого Солнца. И это не просто пассивное ее использование: цивилизация данного типа осваивает Солнце. Ее энергетические потребности настолько велики, что мощность Солнца эксплуатируется непосредственно для приведения в действие машин. Эта цивилизация начнет колонизацию местной солнечной системы;

- цивилизация типа III контролирует энергию всей галактики. Источником энергии ей служат миллиарды звездных систем. Вероятно, представители этой цивилизации уже освоили уравнения Эйнштейна и могут по своему желанию манипулировать пространством-временем.

Шкала использовалась для поиска астрономами цивилизаций в соседних галактиках. Были предложены также расширения шкалы до еще более гипотетических цивилизаций типа IV, способных использовать ресурсы целой Вселенной, и типа V, управляющих произвольным множеством вселенных (мультиверсумом). Количественный критерий энергопотребления был дополнен такими качественными показателями, как «владение в совершенстве» планетой, системой или галактикой (достижение полного контроля над происходящими в них процессами). К. Саган дополнил классификацию тем, что предложил рассматривать помимо количества утилизируемой энергии количество контролируемой цивилизацией информации. За рубежом (в основном в США) работы по поиску ВЦ вели ученые Ф. Крик, К. Таунс, Дж. Платт, К. Флэннери, Ф. Дрейк, Дж. Коккони, Ф. Моррисон, К. Саган и многие другие. Для решения проблем поиска ВЦ 26 марта 1992 г. был создан Научно-культурный центр SETI, образованный решением Президиума Академии космонавтики им. К. Э.

Циолковского (сейчас Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского — РАКЦ). Позднее соучредителями его выступили Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга (ГАИШ) и Астрокосмический центр Российской академии наук (АКЦ ФИАН).

В начале 1960-х гг. были сформулированы классические принципы SETI.

1. Внеземные цивилизации стремятся установить межзвездную связь друг с другом и с земной цивилизацией.

2. Оптимальным средством контакта с ВЦ являются электромагнитные (радио-) волны.

3. Узкополосные, переменные во времени, повторяющиеся сигналы ВЦ должны исходить из точечного радиоисточника, практически совпадающего с похожей на Солнце звездой.

***Контактом космических цивилизаций*** называется любое взаимодействие между ними. Наиболее вероятно осуществление контакта по различным каналам связи (при помощи направленных радиопередач и т.д.). Наиболее эффективны контакты, предусматривающие двусторонний или даже многосторонний обмен информацией в течение больших промежутков времени («Великое Кольцо» в романах И.А. Ефремова). Эффективность обмена информацией определяется расстоянием между цивилизациями и скоростью распространения сигнала. Для молодых цивилизаций, желающих вступить в контакт, изолированных в пространстве или находящихся в критическом положении, существует возможность всенаправленной односторонней передачи информации. Менее вероятны непосредственные, взаимные или односторонние контакты — посещения представителями космической цивилизации других разумных веществ. Случайная встреча представителей разных космических цивилизаций почти невероятна; посещению предшествует контакт по каналам связи. Межзвездные перелеты требуют огромных материальных и энергетических затрат, доступных лишь высокоорганизованным цивилизациям. Нерелятивистские полеты возможны лишь к ближайшим звездам, но даже и в этом случае они требуют особой подготовки (сон-гибернация для постоянного

экипажа; смена поколений внутри корабля; полет в один конец без возвращения). Направления поисков внеземных цивилизаций. Одним из направлений является поиск следов астроинженерной деятельности космических цивилизаций. К настоящему времени в нашей стране и за рубежом разработано много различных проектов преобразования околоземного космического пространства и Солнечной системы — от создания многочисленных орбитальных станций и крупных космических поселений вокруг Земли и вокруг Солнца до постройки искусственных биосферных систем на поверхности планетных тел с целью наиболее полного использования энергии Солнца. Аналогичные объекты могут быть обнаружены в космосе. Поиск следов посещения Земли представителями ВЦ можно вести по таким направлениям, как поиск внеземных артефактов — объектов или процессов, образование или существование которых на Земле не может быть объяснено естественными причинами. Такие объекты могут быть просто космическим мусором, отходами жизнедеятельности ВЦ (А.Н. и Б.Н. Стругацкие «Пикник на обочине») или искусственно созданными системами для наблюдения за земной цивилизацией (А. Кларк «Космическая одиссея»). Наиболее перспективными районами поиска ряд ученых считает полярные районы Луны. Научные основы поиска артефактов ВЦ рассматриваются в исследованиях А. В. Архипова. По его расчетам, вокруг звезд цивилизаций типа II существует техногенная зона, поэтому от 3 до 15 % продуктов их космической деятельности рассеивается в межзвездной среде. Следы посещения Земли в относительно близком историческом прошлом можно вести на основе изучения памятников материальной и духовной культуры. Доказательства посещения Земли в отдаленном прошлом ведутся путем изучения генетики живых существ: некоторые современные ученые считают перспективным возможность включения информации в генетическую структуру клетки. Биологический канал связи способен существовать столь же долго, как и жизнь на планете, он обладает высокой информационной емкостью, устойчивостью к помехам и доступен для прочтения лишь на высоком уровне развития местной цивилизации. Еще одним направлением является изучение



аномальных явлений (АЯ) и неопознанных летающих объектов (НЛО), исходящее из допущения, что часть их представляет исследовательские устройства ВЦ (автоматические межзвездные зонды или даже пилотируемые космические летательные аппараты). Поиск сигналов ВЦ. Очень важен выбор оптимального диапазона электромагнитных волн, который должен иметь минимум принципиально неустранимых помех и ослаблений сигнала под действием различных факторов.

Контакт при помощи средств связи выполняется в следующей последовательности:

1) прием позывных ВЦ, способных привлечь внимание получателя, облегчая для него обнаружение сигнала, указывающих на его искусственное происхождение (необычный спектр, особенности поляризации, временные изменения и т.д.) и несущих определенное минимальное количество полезной информации, ключ к передаче основного сообщения (указание на полосу частот, способ кодирования и т.д.);

2) прием основного сообщения, расшифровка, обработка и осмысление полученной информации;

3) послание ответного сигнала и вступление в двусторонний (многосторонний) контакт с ВЦ.

Контактирующие стороны должны предложить хотя бы минимальные информационные гарантии того, что взаимодействие между ними не будет связано с серьезными потенциальными опасностями.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

1. Чаругин В.М. Астрономия. 10-11 кл. - М.: Просвещение, 2021.
2. Засов А.В. Астрономия. 10-11 кл. - М.: Просвещение, 2021.

### Дополнительная:

3. Методические указания по проведению практических работ по учебной дисциплине БД.05 Астрономия, 2021 г.
4. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине БД.05 Астрономия, 2021 г.
5. Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения по учебной дисциплине БД.05 Астрономия, 2021 г.
6. Фонд оценочных средств по учебной дисциплине БД.05 Астрономия, 2021 г.

### Рекомендуемые интернет - ресурсы:

7. Интернет – ресурс для проектной деятельности: Google Maps посещение планеты Солнечной системы <https://hi-news.ru/eto-interesno/v-google-maps-teper-mozhno-posetit-planetysolnechnoj-sistemy.html>.